



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de
pórticos de concreto armado, Lima 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Jaimes Durand, Richard Antonio

ASESOR:

Dr. Ing. Tello Malpartida, Omart Demetrio

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

Lima - Perú

2018

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

RICHARD ANTONIO JAIMES DURAND

cuyo título es:

„La Redundancia estructural en el diseño
Sismorresistente de puentes de concreto
armado, Lima 2013

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

15 (número) Quince (letras).

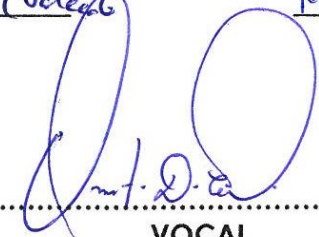
Lugar y fecha 06/12/2017


.....
PRESIDENTE

Mg. Gabriela Corón Delgado
Grado y nombre


.....
SECRETARIO

Ms. Cecilia Denick Moroso
Grado y nombre


.....
VOCAL

DR. OMAR TELLO MALPACIDA
Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Dedicatoria

A mis padres, por su motivación constante hacia el crecimiento y logro de mis metas.

A mi pareja Brenda, por ser mi soporte emocional en todas las circunstancias de la vida.

A todas las personas que contribuyeron en el desarrollo de la presente investigación.

Agradecimientos

Agradezco a todos los profesionales que contribuyeron en sembrar su valiosa experiencia y conocimiento en mi formación académica, pues hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mis más sinceros agradecimientos al Ing. Eduardo Mediavilla por sus colaboraciones en análisis no lineal y a mi asesor de tesis, Ing. Omart Tello, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Richard Antonio Jaimes Durand

Declaración de Autenticidad

Yo, Richard Antonio Jaimes Durand, estudiante de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI 40863465, con tesis titulada “La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis es de mi autoría
2. He respetado la normativa internacional de citas y referencias para la consulta de fuentes, por lo tanto, la presente investigación no ha sido plagiada, ni parcialmente, ni en su totalidad.
3. La tesis que pongo en consideración para evaluación no ha sido auto plagiada, presentada o publicada anteriormente para obtener algún grado o título académico.
4. Los datos obtenidos en los resultados son reales, no han falsificados ni plagiados, por tanto, contribuyen en aportes fidedignos a la realidad investigada.
5. Los resultados obtenidos del turnitin dan 20% de coincidencias.

De identificarse plagio, fraude, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome y sometién dome a la normas establecidas y vigentes de la Universidad César vallejo.

Los Olivos, 22 de Noviembre del 2018

Jaimes Durand, Richard Antonio

DNI 40863465

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo se presenta ante ustedes la Tesis titulada “La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018” con el objetivo de determinar el efecto que produce el aumentar la redundancia estructural al diseño sismorresistente de concreto armado, la misma que someto a vuestra consideración y espero pueda cumplir con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Richard Antonio Jaimes Durand

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	17
1.2. TRABAJOS PREVIOS	19
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	24
1.3.1. REDUNDANCIA ESTRUCTURAL	24
1.3.1.1. DUCTILIDAD	25
• Ductilidad por Flexión	25
• Ductilidad por Flexocompresión	26
• Ductilidad del Sistema	27
1.3.1.2. FACTOR DE REDUNDANCIA	27
• Índices de Redundancia	28
• Índice de Resistencia	28
• Índice de Variación de redundancia	29
1.3.1.3. ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL “PUSHOVER”	29
• Sismo de diseño	29
• Desempeño por espectro de capacidad	30
• Desempeño por método de los coeficientes	30
1.3.2. DISEÑO SISMORRESISTENTE	31
1.3.2.1. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO LINEAL	31
1.3.2.2. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL	31
• Periodo fundamental de la Estructura	32
• Desplazamiento máximo	32
• Control de derivas	33
1.3.2.3. DEMANDA CAPACIDAD	33
• Control de rótulas plásticas en Vigas según índices del FEMA365	35
• Control de rótulas plásticas en Columnas según índices del FEMA365	36
• Control de rótulas plásticas para vigas y columnas de concreto armado según índices del ASCE 41-13	36
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	37
1.4.1. Problema General	37
1.4.2. Problemas específicos	37
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	37

1.6.	HIPÓTESIS	38
1.6.1.	Hipótesis General:	38
1.6.2.	Hipótesis Específicas:	38
1.7.	OBJETIVOS	38
1.7.1.	Objetivo General:	38
II.	MÉTODO	40
2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
2.1.1.	Diseño	41
2.1.2.	Método	41
2.1.3.	Enfoque	41
2.1.4.	Nivel de la investigación	42
2.1.5.	Tipo de Investigación	42
2.2.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	42
2.2.1.	Variables	42
2.2.2.	Operacionalización de las variables	42
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	44
2.3.1.	Población	44
2.3.2.	Muestra	44
2.3.3.	Muestreo	44
2.3.3.1.	Muestreo No probabilístico	44
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	45
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos	45
2.4.2.	Instrumentos de investigación	45
2.4.3.	Validez	45
2.4.4.	Confiabilidad	46
2.5.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	46
2.6.	ASPECTOS ÉTICOS	48
3.	RESULTADOS	50
3.1.	DESARROLLO DEL CASO	51
3.1.1.	Ubicación	51
3.1.2.	Descripción del Caso	51
3.1.3.	Desarrollo del Caso	55
3.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
3.2.1.	RESULTADOS GENERALES	75
3.2.2.	RESULTADOS EN CUANTO A INDICADORES	81
3.2.2.1.	Ductilidad por Flexión (Vigas)	81
3.2.2.2.	Ductilidad por Flexo compresión (Columnas)	98
3.2.2.3.	Ductilidad del Sistema (Pórtico)	106
3.2.2.4.	Índice de Resistencia (rs)	134
3.2.2.5.	Índice de Variación de redundancia (rv)	135
3.2.2.6.	Factor de redundancia (Rr)	136
3.2.3.	RESULTADOS COMPARATIVOS	138
3.3.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS	139
3.3.1.	Hipótesis General:	139
3.3.2.	Hipótesis Específicas:	140
4.	DISCUSIÓN	145

5. CONCLUSIONES.....	148
6. RECOMENDACIONES	151
7. REFERENCIAS.....	154
8. ANEXOS	157
<i>ANEXO 1: Matriz de Consistencia</i>	<i>158</i>
<i>ANEXO 2: Ficha de recolección de datos</i>	<i>159</i>
<i>ANEXO 3: Validez de los resultados con programa computacional</i>	<i>166</i>
<i>ANEXO 4: Confiabilidad de los programas computacionales usados</i>	<i>168</i>
<i>ANEXO 5: Planos</i>	<i>171</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DUCTILIDAD UNIDIRECCIONAL M	25
FIGURA 2: MOMENTO-CURVATURA DE SECCIONES A FLEXIÓN	26
FIGURA 3: DIAGRAMA DE INTERACCIÓN Y CARGA AXIAL-CURVATURA DE SECCIONES A FLEXO-COMPRESIÓN	26
FIGURA 4: DESPLAZAMIENTO-CORTANTE DEL SISTEMA.....	27
FIGURA 5: DESEMPEÑO POR ESPECTRO DE CAPACIDAD	30
FIGURA 6: DESEMPEÑO CON EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES	30
FIGURA 7: ANÁLISIS POR DESEMPEÑO SÍSMICO SEGÚN FEMA 356 Y ATC-40	34
FIGURA 8: ESPECTRO DEMANDA-CAPACIDAD	35
FIGURA 9: PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS NO LINEAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN FEMA 356	35
FIGURA 10: PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS NO LINEAL EN COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN FEMA 356.....	36
FIGURA 11: PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS NO LINEAL EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN ASCE 41-13	36
FIGURA 12: PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS NO LINEAL EN COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO SEGÚN ASCE 41-13.....	37
FIGURA 13: ZONIFICACIÓN SÍSMICA	51
FIGURA 14: PARÁMETRO DE DISEÑO S2	51
FIGURA 15: PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV4N).....	53
FIGURA 16: PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF4N).....	54
FIGURA 17: PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV8N).....	54
FIGURA 18: PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF8N).....	54
FIGURA 19: MODELADO, INGRESO DE DATOS Y ENVOLVENTE DE MOMENTOS DEL PÓRTICO DE CONCRETO ARMADO PLV-1C4NS2.....	58
FIGURA 20: MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS PARA EL CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL PÓRTICO DE CONCRETO ARMADO PLV-1C4NS2	58
FIGURA 21: DATOS DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV4N)	59
FIGURA 22: DATOS DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF4N)	59
FIGURA 23: DATOS DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV8N)	60
FIGURA 24: DATOS DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF8N)	61
FIGURA 25: CUANTÍAS DE DISEÑO PARA LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES.....	62
FIGURA 26: CUANTÍAS DE DISEÑO PARA LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES	62
FIGURA 27: CUANTÍAS DE DISEÑO PARA LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES	63
FIGURA 28: CUANTÍAS DE DISEÑO PARA LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES	64
FIGURA 29: MATERIAL DE CONCRETO USADO	65
FIGURA 30: CREACIÓN DE LAS SECCIONES CON LAS CUANTÍAS OBTENIDAS DEL CYPECAD.....	65
FIGURA 31: MODELADO DE LOS PÓRTICOS EN ETABS, CON UN BRAZO RÍGIDO DE 75%	66
FIGURA 32: MODELADO DE LOS PÓRTICOS EN ETABS, CON UN BRAZO RÍGIDO DE 75%	66
FIGURA 33: ESPECTRO DE ACELERACIONES CONSIDERANDO UN $R = 1$	67
FIGURA 34: INGRESO DE CARGAS LATERALES Y GRAVITACIONALES	67
FIGURA 35: CASOS DE CARGA GRAVITACIONAL NO LINEAL	68
FIGURA 36: PUSHOVER DE FUERZAS	69
FIGURA 37: PUSHOVER MODO 1.....	69
FIGURA 38: ASIGNACIÓN DE CONTROL DE DESPLAZAMIENTO	70
FIGURA 39: AGRIETAMIENTO DE LAS SECCIONES	70
FIGURA 40: INGRESO DE RÓTULAS PARA LAS VIGAS SEGÚN LA TABLA 10-7 DEL ASCE 41-13	71

FIGURA 41: INGRESO DE RÓTULAS PARA LAS COLUMNAS SEGÚN LA TABLA 10-8 DEL ASCE 41-13.....	71
FIGURA 42: GENERACIÓN DE ROTULAS PLATICAS EN LOS NODOS.....	72
FIGURA 43: DESEMPEÑO CON EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES (ASCE 41-13)	73
FIGURA 44: DESEMPEÑO POR DEMANDA CAPACIDAD (FEMMA 440)	73
FIGURA 45: NIVELES DE DESEMPEÑO SEGÚN FEMMA 440.....	74
FIGURA 46: DIAGRAMA MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-1C4NS2	82
FIGURA 47: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-2C4NS2	83
FIGURA 48: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-3C4NS2	84
FIGURA 49: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-4C4NS2	85
FIGURA 50: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-1C4NS2.....	86
FIGURA 51: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-2C4NS2.....	87
FIGURA 52: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-3C4NS2.....	88
FIGURA 53: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-4C4NS2.....	89
FIGURA 54: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-1C8NS2	90
FIGURA 55: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-2C8NS2	91
FIGURA 56: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-3C8NS2	92
FIGURA 57: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-4C8NS2	93
FIGURA 58: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-1C8NS2.....	94
FIGURA 59: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-2C8NS2.....	95
FIGURA 60: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-3C8NS2.....	96
FIGURA 61: DIAGRAMA DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-4C8NS2.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FACTOR DE REDUNDANCIA SEGÚN EL ATC-19 (1995).....	27
TABLA 2: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	43
TABLA 3: ESCALA DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
TABLA 4: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS, DERIVAS DE ENTREPISO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV4N)	75
TABLA 5: RESULTADOS GENERALES DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV4N)	76
TABLA 6: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS, DERIVAS DE ENTREPISO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF4N).....	76
TABLA 7: RESULTADOS GENERALES DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF4N)	77
TABLA 8: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS, DERIVAS DE ENTREPISO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV8N)	78
TABLA 9: RESULTADOS GENERALES DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV8N)	79
TABLA 10: DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS, DERIVAS DE ENTREPISO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF8N).....	79
TABLA 11: RESULTADOS GENERALES DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF8N)	81
TABLA 12: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-1C4NS2	82
TABLA 13: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-2C4NS2	83
TABLA 14: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-3C4NS2:	84
TABLA 15: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-4C4NS2.....	85
TABLA 16: DE MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-1C4NS2.....	86
TABLA 17: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-2C4NS2.....	87
TABLA 18: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-3C4NS2.....	88
TABLA 19: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-4C4NS2.....	89
TABLA 20: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-1C8NS2	90
TABLA 21: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-2C8NS2	91
TABLA 22: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-3C8NS2	92
TABLA 23: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLV-4C8NS2	93
TABLA 24: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-1C8NS2.....	94
TABLA 25: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-2C8NS2.....	95
TABLA 26: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-3C8NS2.....	96
TABLA 27: MOMENTO-CURVATURA DEL PÓRTICO PLF-4C8NS2.....	97
TABLA 28: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLV-1C4NS2	98
TABLA 29: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLV-2C4NS2	99
TABLA 30: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLV-3C4NS2	100
TABLA 31: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLV-4C4NS2	101
TABLA 32: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLF-1C4NS2	102
TABLA 33: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLF-2C4NS2	103
TABLA 34: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLF-3C4NS2	104
TABLA 35: RESPUESTA DE RÓTULA PLÁSTICA DEL PÓRTICO PLF-4C4NS2	105
TABLA 36: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLV-1C4NS2	107
TABLA 37: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLV-1C4NS2	108
TABLA 38: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLV-2C4NS2	110
TABLA 39: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLV-2C4NS2	111
TABLA 40: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLV-3C4NS2	113
TABLA 41: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLV-3C4NS2	114
TABLA 42: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLV-4C4NS2	116

TABLA 43: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLV-4C4NS2	117
TABLA 44: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLF-1C4NS2.....	119
TABLA 45: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLF-1C4NS2.....	120
TABLA 46: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLF-2C4NS2.....	122
TABLA 47: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLF-2C4NS2.....	123
TABLA 48: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLF-3C4NS2.....	125
TABLA 49: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLF-3C4NS2.....	126
TABLA 50: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DEL PÓRTICO PLF-4C4NS2.....	128
TABLA 51: DESEMPEÑO POR EL MÉTODO DEL ESPECTRO CAPACIDAD PLF-4C4NS2.....	129
TABLA 52: DUCTILIDAD Y DESEMPEÑO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV4N) .	130
TABLA 53: DUCTILIDAD GLOBAL POR MÉTODOS DE LOS COEFICIENTES Y ESPECTRO CAPACIDAD (PLV4N) ..	130
TABLA 54: DUCTILIDAD Y DESEMPEÑO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF4N)	131
TABLA 55: DUCTILIDAD GLOBAL POR MÉTODOS DE LOS COEFICIENTES Y ESPECTRO CAPACIDAD (PLF4N) ..	131
TABLA 56: DUCTILIDAD Y DESEMPEÑO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV8N) .	132
TABLA 57: DUCTILIDAD GLOBAL POR MÉTODOS DE LOS COEFICIENTES Y ESPECTRO CAPACIDAD (PLV8N) ..	132
TABLA 58: DUCTILIDAD Y DESEMPEÑO DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF8N)	133
TABLA 59: DUCTILIDAD GLOBAL POR MÉTODOS DE LOS COEFICIENTES Y ESPECTRO CAPACIDAD (PLF8N) ..	133
TABLA 60: ÍNDICES DE RESISTENCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV).	134
TABLA 61: ÍNDICES DE RESISTENCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF).....	134
TABLA 62: ÍNDICES DE RESISTENCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV).	134
TABLA 63: ÍNDICES DE RESISTENCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF).....	135
TABLA 64: ÍNDICES DE VARIACIÓN DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV).	135
TABLA 65: ÍNDICES DE VARIACIÓN DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF).....	135
TABLA 66: ÍNDICES DE VARIACIÓN DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV).....	136
TABLA 67: ÍNDICES DE VARIACIÓN DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF).....	136
TABLA 68: FACTORES DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES (PLV). .	136
TABLA 69: FACTORES DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF).	137
TABLA 70: FACTORES DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES (PLV). .	137
TABLA 71: FACTORES DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF).	137
TABLA 72: RELACIÓN DE PESO SÍSMICO, DUCTILIDAD Y FACTOR DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES (PLF).	138
TABLA 73: RELACIÓN DE PESO SÍSMICO, DUCTILIDAD Y FACTOR DE REDUNDANCIA DE LOS PÓRTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES (PLF).	138
TABLA 74: RESULTADOS SPSS PARA LA HIPÓTESIS GENERAL	140
TABLA 75: RESULTADOS SPSS PARA LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	141
TABLA 76: RESULTADOS SPSS PARA LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	142
TABLA 77: RESULTADOS SPSS PARA LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	143

RESUMEN

La Redundancia estructural no es un tema nuevo, pero tampoco ha sido muy tratado debido a los requerimientos arquitectónicos de los últimos tiempos, sin embargo no se ha considerado que la redundancia puede influir sistemáticamente en el comportamiento sísmico, pues al generarse mayores líneas de defensa, los esfuerzos en los nodos tienden a distribuirse mejor, logrando una mayor respuesta de la estructura en el estado no lineal, estado plástico de la edificación ante un sismo de gran magnitud, eso quiere decir mayor tiempo para evacuar, y así proteger vidas, garantizando la filosofía del diseño sismorresistente.

Por tanto, la presente Tesis pretende determinar el efecto que produce el aumentar la redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado y así poder evaluar un factor por redundancia.

Para ello se definirán los conceptos teóricos de ductilidad y su relación con la redundancia estructural, así como explicar los procedimientos para el análisis “No Lineal Pushover” como metodología para el desempeño de la estructura.

Los pórticos de concreto armado han sido diseñados y analizados usando las normas peruanas de Diseño sismorresistente “E030” y La norma de Concreto armado “E060” cumpliendo con los requerimientos normativos muy cerca del límite. Los pórticos tienen estas características: a) Pórticos acoplados con una misma longitud de 6m, que cuentan con 1, 2, 3 y 4 crujías, una altura de entrepiso de 3.2m, asimismo de 4 y 8 niveles. Estos Pórticos son denominados pórticos de Longitud Variable (PLV). b) Pórticos de una misma longitud de 12m en la cual se varió su número de crujías de 1, 2, 3 y 4, con una misma altura de entrepiso de 3.2m, estos pórticos son denominados de Longitud fija (PLF)

Finalmente se procederá al análisis no lineal para obtención de los resultados y desarrollo de la presente investigación donde se demuestra que la redundancia afecta el comportamiento sísmico de pórticos de concreto armado

Palabras Clave: Redundancia estructural, Ductilidad.

ABSTRACT

Structural Redundancy is not a new issue, but it has not been much discussed due to the architectural requirements of recent times, however it has not been considered that redundancy can systematically influence seismic behavior, because when generating greater lines of defense, the efforts in the nodes tend to be distributed better, achieving a greater response of the structure in the non-linear state, plastic state of the building before a large earthquake, that means more time to evacuate, and thus protect lives, guaranteeing the philosophy of earthquake-resistant design.

Therefore, this thesis aims to determine the effect of increasing the structural redundancy in the seismic design of reinforced concrete frames and thus be able to evaluate a factor for redundancy.

To this end, the theoretical concepts of ductility and its relationship with structural redundancy will be defined, as well as explaining the procedures for the "No Lineal Pushover" analysis as a methodology for the performance of the structure.

The reinforced concrete porticoes have been designed and analyzed using the Peruvian standards of seismic design "E030" and the standard of reinforced concrete "E060" fulfilling the regulatory requirements very close to the limit. The porticoes have these characteristics: a) Porticos coupled with the same length of 6m, which have 1, 2, 3 and 4 bays, a mezzanine height of 3.2m, also of 4 and 8 levels. These Porticoes are denominated portals of Variable Length (PLV). b) Porticos of the same length of 12m in which the number of bays of 1, 2, 3 and 4 was varied, with a same height of mezzanine of 3.2m, these porticos are called Fixed Length (PLF)

Finally, a non-linear analysis will be carried out to obtain the results and development of the present investigation where it is demonstrated that the redundancy affects the seismic behavior of reinforced concrete porticoes

Keywords: Structural redundancy, Ductility.

I. Introducción

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad, muchos requerimientos y/o caprichos arquitectónicos pueden generar una vulnerabilidad estructural, ya que, con el fin de optimizar las áreas de construcción para generar mayores espacios libres, se ha provocado que cada vez más se construyan edificios de grandes luces con pocas crujías (vanos) en alguna dirección, lo que evidencia una vulnerabilidad estructural con un grado de hiperasticidad relativamente bajo.

Si no se toma en cuenta una buena configuración y diseño apropiado, estas serán severamente penalizadas cuando ocurra un sismo de magnitud considerable.

La experiencia posterior a eventos sísmicos de gran importancia como los ocurridos en México (1985-2017), Kobe (1995), Pisco (2007) y Caracas (2010) han evidenciado que el pasar por alto conceptos básicos de diseño sísmico puede causar el colapso de una estructura.

Puede ser repetitivo hablar de la consecuencia de los sismos, pero a decir verdad seguimos aprendiendo de ellos, pues los sismos importantes dejan nuevas enseñanzas, además de recordarnos que no hemos aprendido del todo algunas viejas lecciones y seguimos haciendo lo que no se debe hacer, provocando consecuencias económicas, sociales y ambientales, que es lo que dejan los terremotos a su paso y sobre todas las cosas, evitar pérdida de vidas humanas, que es la filosofía de todas las normas de diseño sismorresistente del mundo.

Si bien en el diseño y configuración estructural los mayores problemas se generan con las irregularidades del sistema, que tiene que ver con cambios bruscos de dimensiones, masas, que en parte afecta las rigideces o flexibilidades de la estructura en su conjunto, una de las características más importantes que se debe priorizar en el sistema estructural es la redundancia, con lo que respecta al diseño sísmico. La redundancia se refiere al número de líneas de defensa continuas que existen y que resistentes la carga lateral, con la finalidad de producir un alto grado de hiperasticidad (Tena y Cortés, 2014, p. 2).

En general, un problema de escasa redundancia sumado a irregularidades en planta y altura, contribuyen sin lugar a duda a un mal comportamiento sísmico, especialmente ante movimientos severos, porque cuando actúa un evento sísmico de gran intensidad, se produce una respuesta global de la estructura, que adopta un cambio repentino y crucial, deja de ser lineal y pasa a su rango no lineal, es decir deja de adoptar su comportamiento elástico ideal y se vuelve inelástico, lo que produce algunos daños en los elementos estructurales. Si bien las normas internacionales de diseño sismorresistente contemplan la

opción de que algunos elementos estructurales pueden mostrar daños importantes durante la carga lateral, la estructura debe ser capaz de soportar movimientos del suelo sin experimentar el colapso del sistema.

Por ello el número de articulaciones plásticas es necesario y fundamental para causar la estabilidad e inestabilidad de la estructura, que depende de la redundancia estructural ya que, a mayor redundancia, la capacidad de la estructura crece para incursionar en el rango no lineal.

El ignorar este concepto ha causado colapsos en edificios urbanos ante eventos sísmicos severos, como ejemplos los Edificios Laguna Beach y Petunia durante el terremoto de Caracas en 1967, de magnitud $M=6.5$ en el que hubieron más de 500 muertos y centenares de heridos, además, una gran cantidad de edificios con baja redundancia han sido afectados en los tres últimos sismos ocurridos en México en el año 2017 y que dejaron más de 430 muertos. Así que es imposible dejar de obviar la redundancia estructural.

La vulnerabilidad sísmica sigue siendo un problema incluso para las estructuras que se diseñan siguiendo las normas de diseño sismorresistente. Con base a lo estipulado, se considera que sí se debe tomar en consideración la redundancia estructural, de manera explícita, en el diseño sísmico de edificios, pues con los antecedentes se ha demostrado que estas estructuras son vulnerables, no importando que sean de poca altura, como fueron afectados varias viviendas en el terremoto de Pisco del año 2007.

En el Perú la Norma de diseño sismorresistente (E.030-2016) no considera de forma explícita la redundancia estructural, pues no se considera un factor por redundancia que premie reducir la fuerza cortante para estructuras más redundantes, por tanto, de mejor comportamiento y que se castigue el diseño en los sistemas menos redundantes, pues tendrán un comportamiento incierto y vulnerable, ya que quedan expuestos a concentrar deformaciones inelásticas y no contribuyendo a desarrollar ductilidad.

Nuestra norma peruana considera la Redundancia y sobrerresistencia de manera implícita, como se menciona en el capítulo 5.4, en el que menciona que el elemento que reciba una fuerza mayor de 30% de la fuerza lateral total deberá diseñarse considerando un 125% de dicha fuerza (Norma Técnica E.030, 2016, p. 13).

Con ello solo se centra en un solo elemento estructural y no en el sistema mismo que deberá incursionar en el rango inelástico.

La cuantificación de la redundancia durante una excitación sísmica es un factor importante que junto con la ductilidad contribuye a la evaluación de la respuesta sísmica estructural y constituye la base de un diseño estructural eficiente.

Por ello el efecto beneficioso de la redundancia debería ser cuantificado de manera objetiva, de modo que contribuya al diseño sismorresistente

Como se ha dicho anteriormente, la Norma E.030-2016 no considera de forma explícita el efecto favorable o desfavorable asociado a la redundancia (hiperestaticidad) de la estructura; es decir que, desde un enfoque de diseño sísmico, resultaría idéntico el diseño de una estructura que cuenta con varias líneas de defensa (altamente redundante), respecto a una estructura poco redundante, como podría ser el caso de un edificio estructurado con una sola crujía en una dirección.

Es necesario elaborar los conceptos de redundancia, para explicar su relación e influencia sobre la respuesta sísmica de los edificios de concreto armado, específicamente en las estructuras aporticadas.

Por tanto, la presente investigación se enfoca en analizar los resultados de la redundancia estructural y su efecto en edificios aporticados de diferentes alturas y diferentes números de crujías, diseñados con las normas peruanas E.060 y E.030, para ello serán sometidos ante un análisis estático no lineal (Pushover) utilizando el programa Etabs 2017 de la empresa CSI. Con los resultados de la curva por capacidad se verificó la ductilidad del sistema, que está relacionada con la redundancia, y su capacidad para incursionar en un rango no lineal, ello debe determinar que la redundancia estructural debe ser considerada de manera explícita en el diseño sismorresistente, mediante un factor por redundancia, tomando como referencia normas internacionales de diseño sísmico como el ASCE-7 (2010), el MOC-08, la NSR-10.

Evitar el colapso y proteger la vida humana es el objetivo primordial en el diseño sismorresistente, por ello seleccionar el sistema adecuado, con todas las precauciones del caso, es de vital importancia, en el trabajo conjunto entre arquitectos e ingenieros.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Se revisó antecedentes internacionales de estudios como:

Fula, J. y Carillo, J. (2017). Los investigadores titularon a su proyecto de investigación: “Demostración y modelado del impacto ocasionado por el factor de

redundancia estructural en momentos donde se ocasionen sismos” con motivo para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia, en la ciudad de Bogotá-Colombia. La cual tuvieron como objetivo general estimar las consecuencias de la redundancia estructural en dos modelos a escala de un edificio existente, mediante una simulación del sismo previo análisis de un modelo en el software Etabs. Para ello utilizaron una metodología práctica que consistía en la elaboración de dos prototipos de la edificación, demostrando como actúa el factor de redundancia. Concluyendo que los resultados obtenidos, comparados con otras normas, se evidencia que los factores de redundancia obtenidos son superiores a los márgenes de otros países. Sin embargo, esto es parece ser relativamente bueno para garantizar que la edificación soporte cargas sísmicas. El aporte de esta investigación es que, con la construcción a escala del edificio Multifamiliar Primavera, se demostró claramente cómo funciona el factor de redundancia ante un sismo severo.

Tena, A. y Cortés, J. (2014). La investigación se titula: “Impacto de la redundancia estructural en el comportamiento sísmico de marcos dúctiles de concreto reforzado”; este artículo de investigación fue publicada en la Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, la cual tuvo como objetivo general evaluar el impacto que se tiene cuando se aumenta la redundancia en edificios teniendo como base los marcos o pórticos dúctiles de concreto armado. La metodología usada para esta investigación es la de Husain y Tsopelas (2004), donde los investigadores indican que el factor de redundancia es la división del cortante basal último y el cortante donde se ocurre la primera rótula plástica. Esta investigación concluye que si se aumenta el número de crujías en las estructuras de baja altura es menos significativo la redundancia estructural, pero toma importancia conforme la altura de los modelos aumenta.

El aporte de esta investigación es que se demuestra que el MOC-2008, que es el manual de diseño de las obras civiles de México, está aplicando factores de Reducción por Redundancia, propuestos por su cuerpo normativo, cercanos a los resultados de esta investigación.

Manola, S. y Koumousis, K. (2010). La investigación esta titulada como “The role of redundancy and overstrength in earthquake resistant design”. En este trabajo de investigación se tiene por objetivo principal cuantificar la redundancia estructural durante una excitación sísmica. En esta investigación se aplica la metodología de Bertero y Bertero

(1999) y Tsopelas y Husain (2004) para la determinación de la redundancia. Para ello se examinan varios pórticos de concreto reforzado en 2D sometidos ante análisis sísmico dinámico y análisis no lineal estático (“Pushover”) para hacer un análisis comparativo de ambos resultados, concluyendo que el análisis dinámico ofrece resultados diferentes en comparación con el análisis pushover para los mismos índices de redundancia con respecto a los mismos parámetros. En general, se observa una tendencia creciente de todos los índices de redundancia con respecto a la máxima ductilidad rotativa del sistema, pero esta tendencia no es tan aparente como en el caso del Pushover donde la ductilidad del sistema va haciéndose más notoria al mismo tiempo que la estructura se va volviendo más redundante.

El aporte de estos investigadores griegos es proponer a la norma sísmica de su país un factor de Redundancia, ya que no han sido cuantificados de forma explícita en su norma, porque los códigos europeos no abordan la influencia cuantitativa de la redundancia y consideran un solo factor que uniformice todos los parámetros de comportamiento inelástico de las estructuras.

Bernal, H. (2008). La investigación se titula: “Evaluación del Factor de Redundancia R_R y del Factor de reducción de las fuerzas sísmicas”, con motivo para obtener el título de Ingeniero Civil en la Escuela Politécnica del Ejército, en la ciudad de Sangolquí-Ecuador. Tuvo como su objetivo general el análisis de cada uno de los factores que intervienen para calcular el factor de reducción de fuerzas sísmicas (R) y comparar los resultados con los valores que propone la CEC 2000, Norma sísmica de Guatemala. La metodología usada para esta investigación es la de Husain y Tsopelas (2004), donde se muestra que el factor de redundancia debe ser igual al cortante basal último entre el cortante donde se origina la primera rótula plástica. Esta investigación concluye que la Redundancia juega un papel importante en el desempeño de una estructura, ya que la formación de rótulas plásticas se relaciona con su redundancia, además que el valor de $R=10$ propuesto por el CEC 2000 debería disminuir en un porcentaje.

El aporte de esta investigación es que propone una metodología propia para la obtención del factor de Redundancia, donde finalmente se compara con la propuesta de Husain y Tsopelas.

Husain, M. y Tsopelas, P. (2004). La investigación esta titulada como: “Measures of Structural Redundancy in Reinforced Concrete Buildings. I: Redundancy Indices”. La cual tuvieron como objetivo general cuantificar los efectos determinísticos y probabilísticos de la redundancia en los esfuerzos del sistema estructural. La metodología está basada en el análisis no lineal “Pushover”. Concluyendo que se puede cuantificar la redundancia mediante dos índices, el índice de resistencia por redundancia y el índice de variación por redundancia.

El aporte de esta investigación es haber creado una metodología propia para el análisis de la Redundancia y que ha sido tomada en cuenta para investigaciones posteriores por otros autores.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Se revisó antecedentes internacionales de estudios como:

Huapaya, R. (2017), La investigación esta titulada como: “Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal” tiene como objetivo general evaluar la sobre resistencia y ductilidad para edificios aporticados mediante el método estático no lineal y comparar su capacidad con la demanda propuesta en la norma E.030. La metodología empleada se basa en las técnicas de análisis no lineal. Se llega a la conclusión que el espectro de capacidad de las estructuras es superior al espectro de demanda que solicita la actual norma peruana de diseño sísmico, además la resistencia al cortante último que se muestra en las curvas de capacidad de la estructura es superior al cortante de diseño presentado por la dicha norma. El aporte de esta investigación es haber demostrado en forma práctica que el valor de la sobre resistencia y ductilidad son dependientes del periodo fundamental de la estructura.

Asmat, C. (2016), La investigación esta titulada como: “Disposiciones sísmicas de diseño y análisis en base a desempeño aplicables a edificaciones de concreto armado” con motivo para obtener el grado académico de Magister en Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la ciudad de Lima. La cual tuvo como objetivo principal brindar herramientas para analizar y diseñar edificaciones de concreto armado donde se permita cumplir un comportamiento inelástico idóneo para que pueda garantizar su nivel de desempeño. Para ello sigue la metodología de las normas peruanas para el diseño

sismorresistente donde luego hace un análisis no lineal estático (Pushover) y un análisis lineal dinámico (Tiempo-Historia) de un colegio de concreto armado de tres pisos. Con los resultados obtenidos de ambos análisis se comparó la respuesta de la estructura con ambas metodologías aplicadas con la norma de diseño sismorresistente. Finalmente, se evaluó su desempeño sísmico. Concluyendo que debería realizarse el cálculo de ductilidad de curvatura de las diferentes secciones que tienen gran importancia sísmica y que se vean demasiado esforzados por la carga lateral.

El aporte de esta investigación es aplicar de manera práctica el análisis no lineal y determinar el cumplimiento de la deformación inelástica.

Díaz, L. y Santos, D. (2013), La investigación esta titulada como: “Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cuatro pisos diseñado con el Reglamento Nacional de Edificaciones y aceptando una deriva máxima de 1%” tiene como objetivo general estudiar el desempeño sismorresistente de un edificio aporticado de cuatro niveles diseñado con el Reglamento Nacional de Edificaciones salvo en lo referente a la rigidez lateral. La metodología empleada se basa en las técnicas de análisis no lineal y la calificación de desempeño sismorresistente. Se llega a la conclusión de permitir una deriva máxima de 1% para edificios regulares, lo que conlleva a menores dimensiones de las columnas.

El aporte de esta investigación es que, para todas las edificaciones evaluadas, la curva de demanda-capacidad se trabaja con una deriva máxima de 1%, y que esta se encuentra ligeramente más allá del límite de los rangos elástico e inelástico de la curva. Y aunque se discrepa ligeramente de las normativas del SEAOC (The Structural Engineers Association of California) para el nivel de demanda que se solicita, se obtienen edificios que garantizan una seguridad como los diseñados admitiendo derivas de 0.7% como propone la norma E.030-2016.

Pareja, N. (2012), La investigación esta titulada como: “Estudio del comportamiento sísmico lineal y no lineal de pórticos metálicos resistentes a momentos” con motivo para obtener el grado de maestro en ciencias con mención en Ingeniería estructural de la Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Lima-Perú. La cual tuvo como objetivo general determinar el comportamiento no lineal de un marco común de acero resistente a momento frente a un sismo, mediante la aplicación de un modelo multi-spring. Utilizando una herramienta computacional. Para ello expuso una metodología para

desarrollar el análisis no lineal de pórticos de acero cuando están sujetos a fuerzas sísmicas, mediante la reducción de la no linealidad utilizando elementos multi-spring en zonas predeterminadas y desarrolló un software para su aplicación. El resultado es comparado con el programa comercial Sap2000, para dar validar al programa de su autoría. El autor concluye que es posible emplear la metodología presente para determinar el comportamiento no lineal de marcos ordinarios de acero resistentes a momento, utilizando parámetros iniciales de calibración.

El aporte de esta investigación es haber obtenido un programa de cómputo para el análisis no lineal, que permite el ingreso de información con facilidad y presenta una visualización de resultados gráficamente comprensibles, lo cual facilita el proceso de análisis no lineal de las estructuras de pórticos de acero.

Padilla, G. (2011), La investigación esta titulada como: “Propuesta para considerar la irregularidad estructural en la resistencia lateral de las estructuras en el Perú” tuvo como objetivo general desarrollar una propuesta de cálculo para la reducción del factor R considerando diferentes tipos y niveles de irregularidad. La metodología empleada se basó en estudiar 20 edificios irregulares peruanos bajo esta propuesta. Concluyendo que el presente trabajo permite reducir el valor de R en función de los diferentes tipos de irregularidad estructural, mediante un factor de reducción combinado Φ_d cuyos valores están entre 0.6 y 0.9.

El aporte de esta investigación es que los resultados de este trabajo fueron considerados en la siguiente versión de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030-2016, ya que el Ing. Alejandro Muñoz Peláez, que fue el asesor de Tesis de la Investigación, formó parte del cuerpo normativo.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. REDUNDANCIA ESTRUCTURAL

La redundancia estructural se refiere a proteger el sistema con una gran cantidad de líneas de defensa resistentes a la carga lateral, causando altos grados de hiperestaticidad (Tena y Cortés, 2014, p. 2).

La redundancia estructural ha aparecido recientemente en los efectos que proporcionó los terremotos de Kobe y Turquía. Si bien ha sido un tema ya entendido por

mucho tiempo de forma cualitativa, los efectos beneficiosos de la redundancia estructural todavía no han sido cuantificados con gran éxito (Hussain y Tsopelas, 2004, p. 1651).

La seguridad que debe brindar una estructura es importante, por ello se debe tener en cuenta los sistemas hiperestáticos más que los isostáticos; se puede decir que es mejor tener una falla de una parte del sistema a que todo el sistema falle; esto hace referencia a los elementos estructurales de una edificación, entre más elementos se tenga y fallen solo algunos, se puede evitar un colapso.

1.3.1.1. DUCTILIDAD

La ductilidad es una propiedad de la estructura que se relaciona con la capacidad que tiene un elemento estructural para mantenerse en cuanto a los daños que sucedan, cuando se actúan sobrecargas sin llegar al colapso (FEMA P-749, 2010, p. 43).

La ductilidad va a depender del sistema estructural que se defina, ya que estará sujeta a la capacidad de deformación, del control que se establezca de los posibles mecanismos frágiles que pudieran presentarse y también de las irregularidades presentes de tipo vertical o horizontal (Hernández, 2016, p. 3). Se obtiene de la relación entre el desplazamiento último y el desplazamiento cedente de la estructura (Fig. 1)

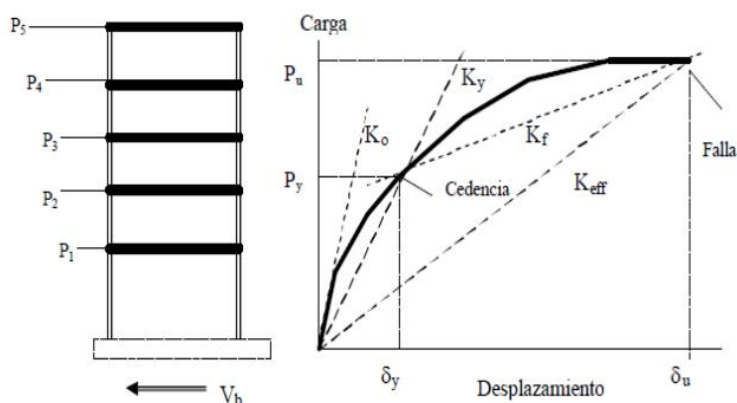


Figura 1: Ductilidad unidireccional μ
Fuente: Introducción al análisis no lineal (ZIGURAT)

- **Ductilidad por Flexión**

Para definir el comportamiento y ductilidad de una sección a flexión es necesario analizar la condición de cedencia, agrietamiento y de agotamiento, lo cual se representa en el gráfico $M-\phi$ (Fig. 2)

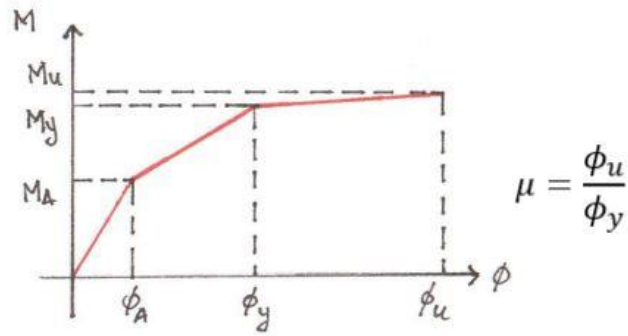


Figura 2: Momento-Curvatura de secciones a Flexión
Fuente: Introducción al análisis no lineal (ZIGURAT)

Para lograr una adecuada ductilidad es fundamental controlar la cuantía de acero de refuerzo a tracción y compresión (Hernández, 2016, p. 35).

• Ductilidad por Flexocompresión

Para definir el comportamiento y ductilidad de secciones a flexo-compresión se hace necesario analizar la condición de cedencia y de agotamiento en función a la carga axial, lo cual se representa en función al diagrama de interacción y al diagrama P- ϕ (Fig. 3).

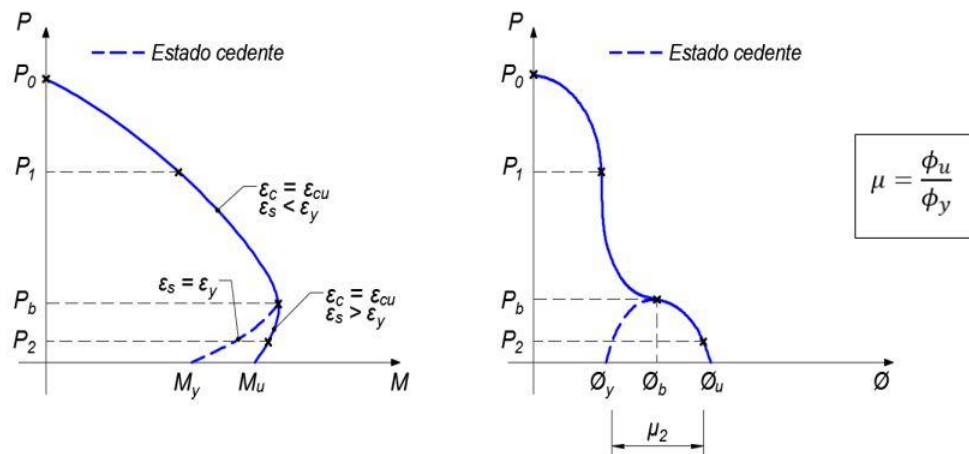


Figura 3: Diagrama de Interacción y Carga Axial-Curvatura de secciones a Flexo-compresión
Fuente: Introducción al análisis no lineal (ZIGURAT)

Es importante destacar que, una sección a flexo-compresión es dúctil, siempre y cuando, la fuerza axial sea menor a la falla balanceada, quedando en el rango de falla controlada por tracción.

- **Ductilidad del Sistema**

De acuerdo con los lineamientos del FEMA 440, la curva de capacidad real puede ser idealizada a fin de calcular la rigidez lateral efectiva K_e , resistencia cedente efectiva, rigidez efectiva positiva o negativa de acuerdo a α_1 y α_2 , punto cedente efectivo y punto último, obteniendo finalmente la ductilidad del sistema (FEMA 440, 2005, p. 101).

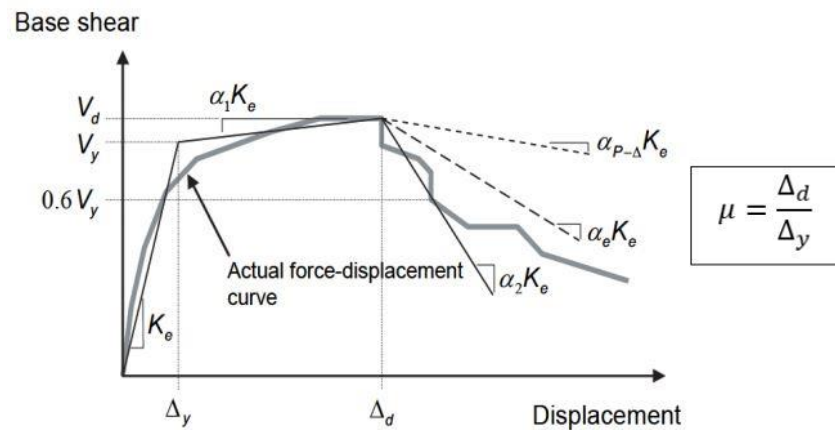


Figura 4: Desplazamiento-Cortante del sistema
Fuente: Introducción al análisis no lineal (ZIGURAT)

1.3.1.2. FACTOR DE REDUNDANCIA

El factor de redundancia (R_R) mide la capacidad de respuesta de la estructura de incursionar en el rango no lineal. Esta capacidad se refiere a la manera de cómo se redistribuyen las cargas de la estructura, de los elementos que tienen mayor solicitación a los elementos con menor solicitación (Bernal, 2008, p. 22).

El factor de redundancia depende de la cantidad de miembros estructurales que forman parte del sistema resistente a sismos. Cabe mencionar que El ATC-95 (Código de California de 1995) propone valores tentativos para el factor de redundancia de la siguiente forma:

Tabla 1: Factor de redundancia según el ATC-19 (1995)

# de ejes de Columnas	Factor de Redundancia
2	0.71
3	0.86
4	1

Fuente: Elaboración propia

- **Índices de Redundancia**

“En los estudios realizados por Tsopelas y Husain (2004), se establece que el factor de redundancia se encuentra en función de dos índices, el primero denominado índice de redundancia por formación de rótulas plástica r_v y el segundo índice de redundancia por resistencia r_s ” (Bernal, 2008, p. 23).

Para la evaluación del factor R_R , Tsopelas y Husaín emiten la siguiente ecuación:

$$R_R = r_s \left(\frac{1 - k v_e r_v}{1 - k v_e} \right) \quad (1.1)$$

En la ecuación (1.1), r_s representa el índice de resistencia, r_v representa el índice de variación de redundancia, v_e es el coeficiente de variación de las fuerzas y varía entre 0.08 y 0.14, k es el factor de forma de la resistencia que varía entre 1.5 y 2.5, esto nos indica que $k v_e$ varía entre 0.12 y 0.35.

Los dos índices de redundancia pueden calcularse para una estructura específica y una condición de carga particular con un análisis no lineal estático en la estructura, bajo un incremento de cargas laterales (análisis del pushover) y podrán usarse las siguientes variables obtenidas de ese análisis: La fuerza lateral de Rendimiento, la carga lateral última y el número de rótulas plásticas desarrolladas en el punto de colapso estructural.

- **Índice de Resistencia**

“El índice de redundancia por resistencia r_s , se define como la proporción de la medida del cortante último de rendimiento V_u en relación con el cortante inicial V_y , considerando una fuerza del sistema como si no fuera redundante” (Bernal, 2008, p. 26).

El índice de resistencia está representado por la siguiente ecuación:

$$r_s = \frac{V_u}{V_y} \quad (1.2)$$

Así tenemos que el índice de resistencia representado por la Ecuación (1.2) sirve para evaluar la fuerza de rendimiento y la última fuerza de un sistema estructural, el promedio de las fuerzas de elementos individuales es considerado durante el análisis del pushover. Entonces V_u y V_y , puede identificarse fácilmente en la curva de la carga de

desviación que es el resultado del análisis de pushover no lineal (Hussain y Tsopelas, 2004, p. 1652).

- **Índice de Variación de redundancia**

Para el índice de Variación de redundancia Bernal sostiene:

El índice de redundancia cuantifica los efectos de fuerza del elemento presentes en la estructura, a este índice se lo halla en forma probabilística, es decir con variables de probabilidad, también es una función de la indeterminación estática del sistema estructural, y la naturaleza estadística de la ductilidad y fuerza de los elementos estructurales. Sus valores se encuentran comprendidos entre cero y uno. (2008, p. 26).

En la ecuación (1.3) se expresa las variables de las cuales depende r_v

$$r_v = \sqrt{\frac{1 + (n-1) \bar{\rho}}{n}} \quad (1.3)$$

r_v es el índice de variación de redundancia debido a la formación de rótulas plásticas y ρ es el coeficiente de correlación promedio de las deformaciones y n es el número de rótulas plásticas para el mecanismo de colapso considerado (Hussain y Tsopelas, 2004, p. 1654).

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^n \rho_{ij} \quad (1.4)$$

En la ecuación (1.4) se presenta la determinación del coeficiente de correlación promedio de las deformaciones y donde ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre los momentos M_i , M_j . Siendo M_i el momento de fluencia del elemento estructural donde se formó la rótula plástica i .

1.3.1.3. ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL “PUSHOVER”

El análisis estático no lineal (pushover) se basa en la aplicación de un patrón de cargas laterales que se van incrementando hasta alcanzar un desplazamiento objetivo, referido típicamente al tope de la estructura.

- **Sismo de diseño**

Es el sismo con el que se diseña, con el que se evalúan las derivas, periodo, torsión, cortante basal y obtención de esfuerzos para obtención posterior de armados. Sin embargo, es poco probable que suceda. El periodo de retorno es 475 años.

- **Desempeño por espectro de capacidad**

Se aplica el Método del Espectro de Capacidad para encontrar el punto de demanda de una estructura para un sismo determinado, con solo visualizar el gráfico se puede inferir el probable comportamiento de la estructura ante un sismo dado.

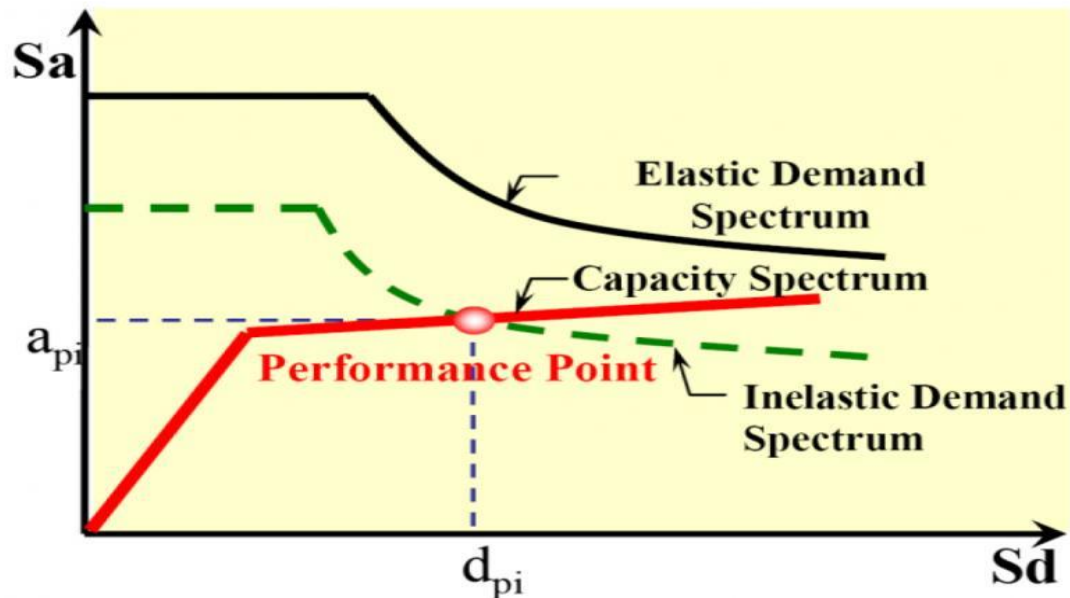


Figura 5: Desempeño por espectro de capacidad
Fuente: Fema 440

- **Desempeño por método de los coeficientes**

Este método persigue exactamente el mismo fin que el método del espectro de capacidad.

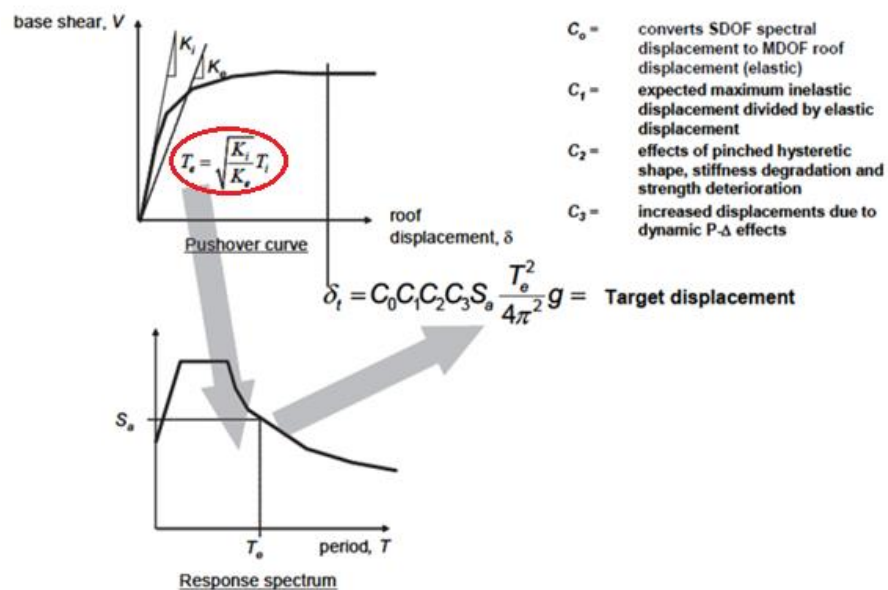


Figura 6: Desempeño con el método de los coeficientes
Fuente: ASCE 41-13

1.3.2. DISEÑO SISMORRESISTENTE

En el diseño sismorresistente, existe una gran probabilidad de considerar el daño en algunos elementos estructurales cuando ocurra un evento sísmico moderado, por ello la estructura debe de ser capaz de redistribuir sus esfuerzos sin experimentar colapso (Colunga y Benítez, 2014, p. 2).

Explican también que el buen detallado de los elementos estructurales en una edificación aumenta su capacidad de deformarse y de esa forma poder desarrollar al máximo la resistencia de sus elementos estructurales, hasta que ya no puedan ofrecer resistencia ni rigidez y por tanto aparezcan articulaciones plásticas.

1.3.2.1. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO LINEAL

Este método representa las solicitaciones sísmicas a través de un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Hay limitaciones en cuanto a la altura de la edificación donde bajo este análisis solo podrán ser verificadas las estructuras menores de 30 metros de altura clasificadas como regulares.

Para este análisis la fuerza cortante que se produce en la base debido al sismo se calcula de la siguiente forma:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (1.5)$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

En la ecuación (1.5), Z representa el factor de zona sísmica, U representa la categoría de uso de la edificación, C representa el factor de la ampliación sísmica, S representa el factor del suelo, R representa el coeficiente básico de reducción sísmica, V representa la cortante basal y P el peso sísmico.

1.3.2.2. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

Para el cálculo de la cortante Basal se ha aplicado la norma peruana de diseño sismorresistente E030 donde el código permite el Análisis Modal Espectral.

Aquí se considera un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones para cada una de las direcciones ortogonales analizadas, dicho espectro está definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (1.6)$$

En la ecuación (1.6), Z representa el factor de zona sísmica, U representa la categoría de uso de la edificación, C representa el factor de la ampliación sísmica, S representa el factor del suelo, R representa el coeficiente básico de reducción sísmica y g representa la aceleración de la gravedad.

Deberá considerarse en el análisis la dirección vertical, para ello podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones ortogonales (Norma Técnica E.030, 2016, p.23).

- **Periodo fundamental de la Estructura**

El período fundamental de vibración de una edificación es de gran importancia para el diseño sísmico, ya que si no se hace correctamente se corre un gran riesgo, porque el sistema suelo-estructura puede encontrarse dentro del rango en el cual ocurre el fenómeno de resonancia, y estos efectos son destructivos en la estructura, ya que se amplifican las acciones generadas por la resonancia. Esta cuantificación del periodo es determinante en el comportamiento dinámico de las estructuras, por ello es importante calcular su magnitud, con la mejor precisión posible evitando así un colapso repentino de la estructura ante una respuesta sísmica del suelo a la edificación (Gómez, 2002, p.149).

Se determinará con programas computacionales, alternativamente la norma de diseño E030, propone la siguiente expresión.

$$T = 0,85 \left(2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2 \right)}{g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i}} \right) \quad (1.6)$$

En la ecuación (1.6), Di representa los desplazamientos laterales del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta). Los desplazamientos se calcularán suponiendo un comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar, Fi representa las fuerzas laterales determinadas de acuerdo con el numeral 4.5.3 (Norma Técnica E.030, 2016, p. 11), g representa la aceleración de la gravedad.

- **Desplazamiento máximo**

Para los sistemas estructurales regulares, los desplazamientos laterales se determinarán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las demandas sísmicas reducidas. Para el caso de sistemas estructurales irregulares se deberá emplear el valor de 0,85 R (Norma Técnica E.030, 2016, p. 27).

- **Control de derivas**

Aquí se refiere al desplazamiento lateral relativo, también considerado como distorsión, que es la diferencia de los desplazamientos laterales entre dos niveles consecutivos, esto se debe a la aplicación de las solicitaciones sísmicas en la estructura y se determina como: (Norma Técnica E.030, 2016, p. 13).

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1} \quad (1.7)$$

En la ecuación (1.7), Δ_i representa el desplazamiento lateral relativo del nivel i, δ_i , δ_{i-1} representan los desplazamientos laterales en los niveles i e i-1 respectivamente. Para la E.30 el valor máximo de la distorsión para pórticos de concreto armado está limitado para 0.007.

1.3.2.3. DEMANDA CAPACIDAD

La curva de capacidad es una gráfica, donde se evidencia la resistencia a carga lateral de una estructura o elemento estructural, expresada en función del desplazamiento lateral. Casi siempre las curvas de capacidad se definen graficando la fuerza cortante en la base de la edificación contra el desplazamiento en el último nivel de la estructura (Andrade, 2004, p. 18).

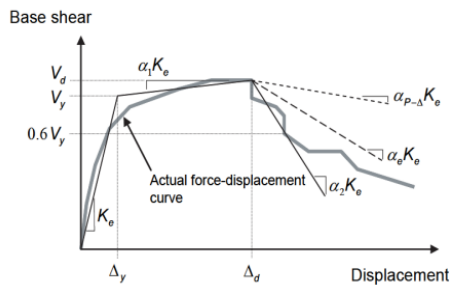
Así mismo la curva de capacidad puede expresarse en una gráfica de la aceleración espectral, S_a , versus el desplazamiento espectral, S_d , que es denominado espectro de capacidad. Se necesita para hacer esta conversión que las cargas laterales se distribuyen mediante un modelo preestablecido, se puede dar un caso en proporción al primer modo de vibración de la estructura. Se usarán las siguientes relaciones:

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1} \quad ; \quad \alpha_1 = \frac{L^{*2}}{M^*} \cdot \frac{I}{M_t} = \frac{\left[\sum_{i=1}^N M_i \phi_{i1} \right]^2}{\sum_{i=1}^N M_i \phi_{i1}^2} \cdot \frac{I}{\sum_{i=1}^N M_i} \quad (1.8)$$

$$Sd = \alpha_2 \Delta_{techo} \quad ; \quad \alpha_2 = \frac{1}{L^*/M^*} = \frac{\sum_{i=1}^N M_i \phi_{i1}^2}{\sum_{i=1}^N M_i \phi_{i1}} \quad (1.9)$$

En las ecuaciones (1.8) y (1.9), V representa se corte basal, W representa al peso total de la edificación, Δ techo representa al Desplazamiento total en la última planta de la estructura relativo a la base, α_1 representa la masa Efectiva expresada como porcentaje de la masa total de la estructura, que tiene efecto cuando esta toma la forma del modo con el que está trabajando, normalizada por la masa total Mt, α_2 representa la inversa del Factor de Participación modal, L^* representa la masa participante = $\sum M_i \phi_i$, M^* representa la masa generalizada = $\sum M_i \phi_i^2$ (normalizada por el desplazamiento en el último piso significativo), ϕ_{i1} : amplitud del modo 1 en el nivel i, M_i representa la masa del nivel i, Mt representa la masa total de la estructura y N es el número total de pisos.

- **Método de los Coeficientes de Desplazamiento**, definido por el FEMA 356 (*Federal Emergency Management Agency, 2000*)



- **Método del Espectro de Capacidad**, definido por el ATC-40 (*Applied Technology Council, 1996*)

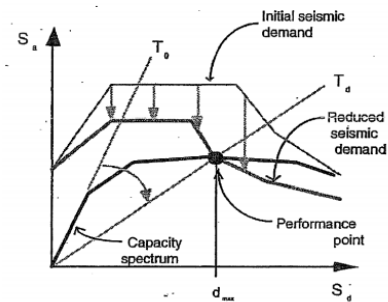


Figura 7: Análisis por desempeño sísmico según FEMA 356 y ATC-40
Fuente: Introducción al análisis no lineal (ZIGURAT)

Para la evaluación del desempeño se tomará el espectro Demanda-Capacidad

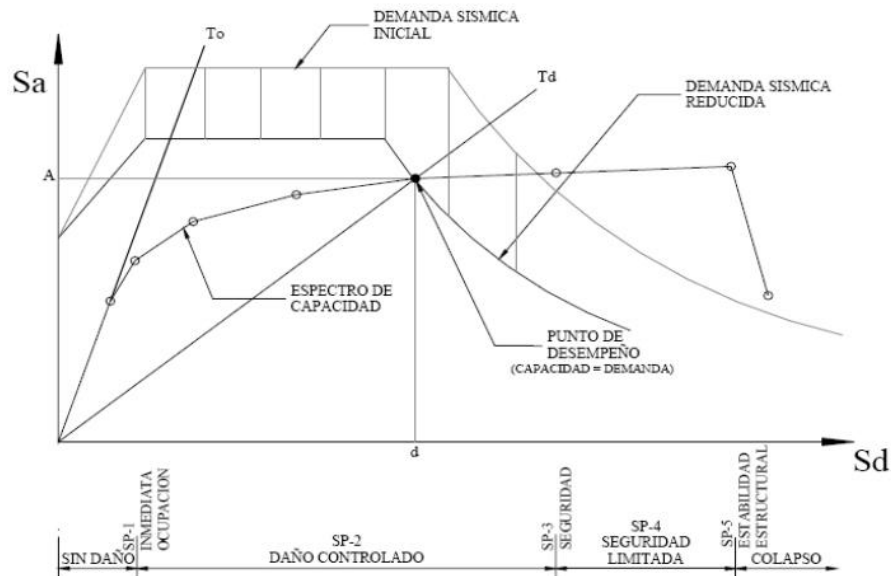


Figura 8: Espectro Demanda-Capacidad
Fuente: Introducción al análisis no lineal (ZIGURAT)

El cálculo de la demanda está referido al desplazamiento máximo que experimentará la estructura bajo el nivel de amenaza sísmica elegido. Los procedimientos aquí presentados son:

- **Control de rótulas plásticas en Vigas según índices del FEMA365**

Table 6-7 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams										
Conditions	Modeling Parameters ³			Acceptance Criteria ³						
	Plastic Rotation Angle, radians	Residual Strength Ratio	IO	Performance Level						
				Component Type						
				Primary		Secondary				
	a	b	c	LS	CP	LS	CP	LS	CP	
i. Beams controlled by flexure¹										
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Trans. Reinf. ²	$\frac{V'}{b_w d_v f_c}$								
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.01
ii. Beams controlled by shear¹										
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01
iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span¹										
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01
iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint¹										
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.01	0.015	0.02	0.03

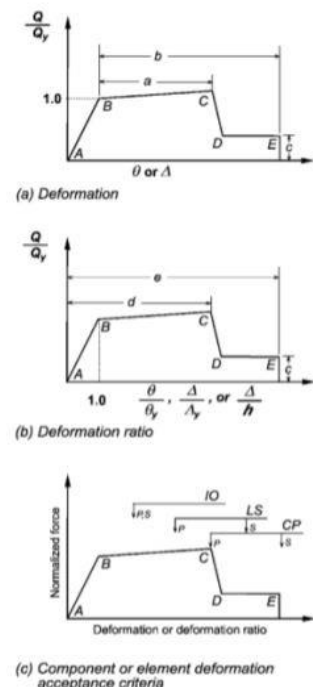


Figura 9: Parámetros para el análisis no lineal en vigas de concreto armado según FEMA 356
Fuente: FEMA 356

- Control de rótulas plásticas en Columnas según índices del FEMA365

Conditions		Modeling Parameters ⁴			Acceptance Criteria ⁴					
		Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle, radians					
					Performance Level					
					Component Type					
					Primary		Secondary		IO	LS
a	b	c								
i. Columns controlled by flexure ¹										
$\frac{P}{A_g f_c}$	Trans. Reinf. ²	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f_c}}$								
≤ 0.1	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.015	0.02	0.02	0.03
≤ 0.1	C	≥ 6	0.016	0.024	0.2	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	C	≤ 3	0.015	0.025	0.2	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	C	≥ 6	0.012	0.02	0.2	0.003	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.006	0.015	0.2	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.005	0.012	0.2	0.005	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.003	0.01	0.2	0.002	0.002	0.003	0.006	0.01
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.008	0.2	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008
ii. Columns controlled by shear ^{1, 3}										
All cases ⁵		—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.040
iii. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height ^{1,3}										
Hoop spacing ≤ d/2		0.01	0.02	0.4	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01	0.02
Hoop spacing > d/2		0.0	0.01	0.2	0.0	0.0	0.0	0.005	0.01	0.01
iv. Columns with axial loads exceeding 0.70P _o ^{1,3}										
Conforming hoops over the entire length		0.015	0.025	0.02	0.0	0.005	0.01	0.01	0.01	0.02
All other cases		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

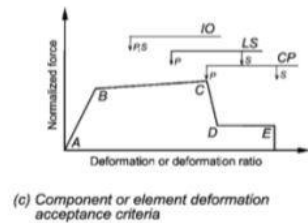
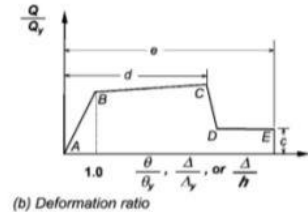
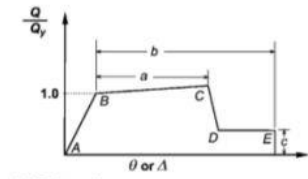


Figura 10: Parámetros para el análisis no lineal en columnas de concreto armado según FEMA 356
Fuente: FEMA 356

- Control de rótulas plásticas para vigas y columnas de concreto armado según índices del ASCE 41-13

Conditions		Modeling Parameters ^a			Acceptance Criteria ^a			
		Plastic Rotations Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotations Angle (radians)			
					Performance Level			
		a	b	c	IO	LS	CP	
Condition i. Beams controlled by flexure ^b								
$\rho - \rho'$	Transverse reinforcement ^c	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$						
≤ 0.0	C	≤ 3 (0.25)	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6 (0.5)	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6 (0.5)	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6 (0.5)	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3 (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6 (0.5)	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear ^b								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span ^b								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint ^b								
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03

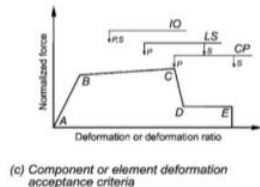
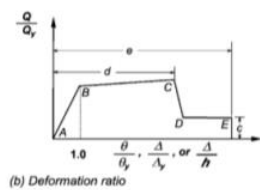
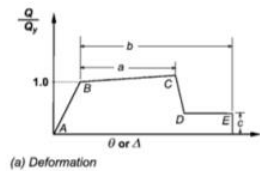


Figura 11: Parámetros para el análisis no lineal en vigas de concreto armado según ASCE 41-13
Fuente: ASCE 41-13

Table 10-8. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Columns									
Conditions			Modeling Parameters*			Acceptance Criteria*			
			Plastic Rotations Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotations Angle (radians)		Performance Level	
a	b	c	IO	LS	CP				
Condition I.*									
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{h_p^2}$								
$\frac{A_g f'_c}{A_s f_y}$									
≥ 0.1	≥ 0.006		0.035	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060	
≥ 0.6	≥ 0.006		0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010	
≤ 0.1	≤ 0.002		0.027	0.034	0.2	0.005	0.027	0.034	
≥ 0.6	≤ 0.002		0.005	0.005	0.0	0.002	0.004	0.005	
Condition II.*									
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{h_p^2}$	$\frac{V}{h_p d_s f'_c}$							
$\frac{A_g f'_c}{A_s f_y}$									
≥ 0.1	≥ 0.006	$\leq 3 (0.25)$	0.032	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060	
≥ 0.1	≥ 0.006	$\geq 6 (0.5)$	0.025	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060	
≥ 0.6	≥ 0.006	$\leq 3 (0.25)$	0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010	
≥ 0.6	≥ 0.006	$\geq 6 (0.5)$	0.008	0.008	0.0	0.003	0.007	0.008	
≤ 0.1	≤ 0.0005	$\leq 3 (0.25)$	0.012	0.012	0.2	0.005	0.010	0.012	
≤ 0.1	≤ 0.0005	$\geq 6 (0.5)$	0.006	0.006	0.2	0.004	0.005	0.006	
≥ 0.6	≤ 0.0005	$\leq 3 (0.25)$	0.004	0.004	0.0	0.002	0.003	0.004	
≥ 0.6	≤ 0.0005	$\geq 6 (0.5)$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Condition III.*									
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{h_p^2}$								
$\frac{A_g f'_c}{A_s f_y}$									
≥ 0.1	≥ 0.006		0.0	0.060	0.0	0.0	0.045	0.060	
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.0	0.0	0.007	0.008	
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.0	0.0	0.005	0.006	
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Condition IV. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height*									
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{h_p^2}$								
$\frac{A_g f'_c}{A_s f_y}$									
≥ 0.1	≥ 0.006		0.0	0.060	0.4	0.0	0.045	0.060	
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.4	0.0	0.007	0.008	
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.2	0.0	0.005	0.006	
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

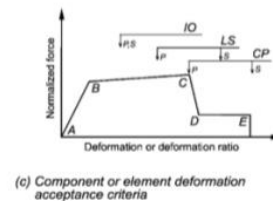
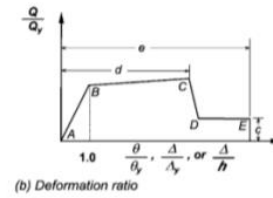
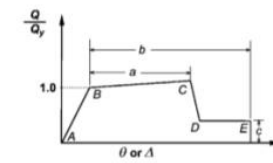


Figura 12: Parámetros para el análisis no lineal en columnas de concreto armado según ASCE 41-13

Fuente: ASCE 41-13

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema General

¿Qué efectos produce el aumentar la redundancia estructural al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?

1.4.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera influye la ductilidad en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?
2. ¿De qué manera influye el factor de Redundancia en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?
3. ¿De qué manera influye el análisis sísmico estático no lineal "Pushover" en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Se **justifica técnicamente** el presente estudio de investigación porque complementa algunos vacíos que se tiene con respecto a la redundancia estructural, para tomar decisiones que ayuden a considerarlo en el diseño sismorresistente. Asimismo, presenta también una **justificación práctica** ya que se aplicó algunas metodologías propuestas en las teorías relacionadas al tema para la cuantificación de la redundancia Estructural, siendo

evaluados con la normativa de nuestro país por ser de alto riesgo sísmico. En tal sentido, el aporte de esta investigación es presentar un factor de redundancia en el que se premie o castigue el factor de reducción sísmica que afectará la cortante de diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Por otro lado, se **justifica metodológicamente** pues la manera como se desarrolló esta investigación puede servir como referencia para investigadores que busquen una propuesta para incluir un factor de redundancia en la actual norma peruana de diseño sismorresistente E030-2016, teniendo como propósito la prevención de estructuras vulnerables a colapso, debido a una baja redundancia estructural; por último, presenta **relevancia social**, pues al considerar el mejoramiento de la redundancia estructural en una edificación, esta quedará exenta de sufrir grandes daños en sus elementos estructurales, evitando el colapso, con ello se pretende evitar cuantiosas pérdidas económicas y lo que es más importante en cuanto a la filosofía de diseño, evitar pérdidas humanas que causan dolor en nuestras familias.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis General:

La redundancia estructural produce efectos significativos al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.

1.6.2. Hipótesis Específicas:

1. La ductilidad influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.
2. El factor de Redundancia favorece significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.
3. El análisis sísmico estático no lineal "Pushover" influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General:

Determinar el efecto que produce el aumentar la redundancia estructural al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.

1.7.2. Objetivos específicos:

1. Determinar la influencia de la ductilidad en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.
2. Determinar la influencia del factor de Redundancia en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.
3. Determinar la influencia del análisis sísmico estático no lineal "Pushover" en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Diseño

El presente proyecto de investigación es **experimental**. Este diseño se refiere a un estudio en el que se manipulan con una intención una o más variables independientes (las causas), y así analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre las variables dependientes (los efectos). Ya que esta investigación tiene como finalidad demostrar que la Redundancia estructural (Variable Independiente) mejorará el diseño sismorresistente (Variable Dependiente) de pórticos de concreto armado (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 129).

La condición es que no hay un grupo de control, por lo tanto, el tipo de diseño experimental es **Cuasi-experimento**.

Los diseños cuasiexperimentales se diferencian de los experimentales verdaderos porque en los cuasiexperimentales el investigador no ejerce grupo control sobre las variables de la investigación (Bernal, 2010, p. 146). Así mismo los grupos de estudio no han sido escogidos al azar porque ya estaban formados de esa manera antes de la investigación.

2.1.2. Método

El método aplicado es el científico, donde por medio de la observación de fenómenos naturales y luego de la postulación de hipótesis debemos remitir su comprobación mediante la experimentación (Bernal, 2018, p. 58)

2.1.3. Enfoque

La presente investigación se orienta al Enfoque Cuantitativo ya que se plantea una hipótesis y se ejecuta una serie de análisis y procedimientos para poder comprobar la aprobación o rechazo de dicha hipótesis (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4)

El enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos, que tiene una secuencia y su finalidad es ser demostrativo. Cada etapa antecede a la siguiente y no se deberá evitar pasos. Se seguirá un orden riguroso, aunque podemos rediseñar alguna fase en algún momento que se requiera. Se considera que parte de una idea que va delimitándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, asimismo se revisa la literatura y se construye un marco teórico, a través de los conceptos que se requieran. De las preguntas se establecen hipótesis, se determinan variables; se traza un plan para probarlas, esto corresponde al diseño de la investigación; se deberá medir las variables en

un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extraen las conclusiones (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 37).

2.1.4. Nivel de la investigación

El nivel investigativo del presente estudio es Explicativo (Causa – efecto).

El alcance explicativo se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno, habrá que considerar un procedimiento para conseguirlo, es importante determinar en qué situaciones se manifiesta o por qué dos o más variables se vinculan (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 95).

Este nivel explica el comportamiento de una variable en función de otra; por ser estudios donde se determina la causa y efecto de las variables, se requieren control y debe cumplir otros parámetros de origen (Supo, 2012, p. 2).

2.1.5. Tipo de Investigación

El tipo de investigación del presente proyecto es aplicada, porque se centra en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, en la presente investigación el objetivo general es determinar el efecto que produce la redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

2.2.VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

2.2.1. Variables

Variable Independiente: Redundancia Estructural.

Variable Dependiente: Diseño Sismorresistente.

2.2.2. Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla 2 se presenta la operacionalización de variables:

Tabla 2: Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES					
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
REDUNDANCIA ESTRUCTURAL	Número de elementos estructurales necesarios para mantener la estabilidad de un sistema estructural	Aumenta la capacidad de la estructura para incursionar en el intervalo no lineal	Ductilidad	Ductilidad por Flexión	Software Etabs 2017
				Ductilidad por Flexocompresión	Software Etabs 2017
				Ductilidad del Sistema	Software Etabs 2017
			Factor de Redundancia	Índices de Redundancia	Software Etabs 2017
				Índice de Resistencia	Software Etabs 2017
				Índice de Variación de Redundancia	Software Etabs 2017
			Análisis sísmico estático no lineal "Pushover"	Sismo de diseño	Norma E030
				Desempeño por Espectro de capacidad	Software Etabs 2017
				Desempeño por Método de los Coeficientes	Software Etabs 2017
DISEÑO SÍSMORRESISTENTE	Elementos y características que definen la estructura antisísmica de un edificio	Capacidad que se dota a la edificación con el fin de proteger la vida y las personas de quienes la ocupan	Análisis sísmico estático lineal	Periodo fundamental de la Estructura	Software Cypecad 2018
				Desplazamiento máximo	Software Cypecad 2018
				Control de derivas	Software Cypecad 2018
			Análisis sísmico dinámico modal espectral	Periodo fundamental de la Estructura	Software Cypecad 2018
				Desplazamiento máximo	Software Cypecad 2018
				Control de derivas	Software Cypecad 2018
			Demanda capacidad	Control de rótulas plásticas en Vigas según índices del FEMA365	Tablas FEMA365
				Control de rótulas plásticas en Columnas según índices del FEMA365	Tablas FEMA365
				Control de rótulas plásticas en vigas y columnas según índices del ASCE 41-13	Tablas 6-7, 6-8 ASCE 41-13

Fuente: Elaboración Propia

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. Población

Para Carbajal, la población objeto de estudio debe estar establecida a partir de la unidad de análisis, pueden ser consideradas, las organizaciones, personas, instituciones, etc. para así poder delimitar la población (2007, p. 16).

El universo poblacional del presente proyecto de investigación son los pórticos de concreto armado de una crujía a más, desde un nivel hasta 30 niveles, que es lo máximo recomendable para esta tipología estructural. Según ese contexto estamos ante una población infinita, pues las secciones deberán tener diferentes medidas, así como las distancias entre las columnas deberán ser variables.

2.3.2. Muestra

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y acotarse de antemano con claridad y precisión, además de que debe ser característico de la población (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 173).

Así mismo la muestra debe delimitarse con una precisión establecida por el autor y esto deberá ser representativo del universo.

En total se tomaron 16 pórticos de concreto armado diseñados con las normas peruanas E.060 y E.030, donde el número de crujías o vanos es variable y fijo.

2.3.3. Muestreo

2.3.3.1. Muestreo No probabilístico

En este caso la selección de los elementos no depende de la probabilidad sino del criterio del investigador. El uso de un muestreo “por conveniencia” parece apropiado para este caso, pues las muestras seleccionadas son accesibles debido a que 12m de luz es divisible entre 1, 2, 3 y 4 crujías y así obtener una proporcionalidad en la distribución de las luces. Pudiendo aumentar la redundancia teniendo vanos equidistantes y observar su comportamiento ante análisis no lineales.

Las muestras en estudio tienen las siguientes características:

- Pórticos con una misma luz de 6 metros y altura entre nivel de 3.2 metros, con alturas que van de 4 y 8 niveles. En cada Pórtico antes descrito se alternó el número de crujías: 1, 2, 3 y 4. Además, diseñados con el tipo de suelo (S_2) de la Norma E.030, siendo un total de 8 pórticos para este caso.
- Pórticos con una altura de entrepiso de 3.2 metros y una longitud total fija de 12 metros, con alturas que van de 4 y 8 niveles en los cuales se alternó el número de crujías: 1, 2, 3 y 4. Además, diseñados con tres tipos de suelos (S_2) de la Norma E.030, siendo un total de 8 pórticos para este caso.

2.4.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se han determinado mediante fuentes secundarias para la presente investigación.

- a) Fuentes secundarias, “Las fuentes secundarias son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema que se va a investigar” (Bernal, 2010, p. 196). Por ello se están tomando tablas y material bibliográfico de las principales normativas de análisis no lineal como el FEMA 440, ATC, ASCE -41-13.

Además de los resultados de los programas computacionales.

2.4.2. Instrumentos de investigación

Como instrumento de investigación se hizo una ficha de recolección de datos, para obtener la información de las variables mediante pasos sugeridos y validados por juicio de expertos Y para el procesamiento de los datos se usó los programas computacionales de ingeniería estructural Etabs 2017 de la empresa CSI – Computers and Structures, Inc. y Cypecad 2018 de la empresa Cype Ingenieros S.A.

2.4.3. Validez

Como validez de la medición se ha tomado la perspectiva de validez de contenido, que consiste en tener clara la idea de la variable que necesita medirse y un dominio específico de lo que se mide (Bernal, 2010, p. 248).

Para la validación de la ficha técnica de recolección de datos se obtuvo un puntaje de 0.93 (Excelente validez) evaluados por 3 ingenieros civiles.

Puntaje de Validación del instrumento de medición de tres expertos:

Validación 1: 0.95

Validación 2: 0.93

Validación 3: 0.92

Promedio: $(0.95+0.93+0.92) / 3 = 0.93$

Tabla 3: Escala de Validez de ficha de recolección de datos

0.53 o menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta

Fuente: Bernal (2010)

Para la validación de los resultados con programas de cómputo de ingeniería estructural se adjunta la validación del especialista de estructuras donde informa de la correcta aplicación del uso de los programas utilizados.

2.4.4. Confiabilidad

Para la confiabilidad del instrumento de medición se ha adjuntado la certificación ISO 9001-2015 de la empresa Cype Ingenieros en el uso de sus programas computacionales y de la misma manera el ISO 9001-2015 para la empresa CSI Computers and Structures, Inc.

2.5.MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

En el presente proyecto de investigación se empleará la metodología de análisis no lineal estático “pushover”, determinando la ductilidad de los elementos estructurales podemos obtener la ductilidad del sistema y relacionarlos estadísticamente con la redundancia. Se seguirá el siguiente procedimiento:

1era fase: Diseñar Pórticos de concreto armado con una misma luz de 6 metros y altura de entre niveles de 3.2 metros, con alturas que van de 4 y 8 niveles. En cada Pórtico antes descrito se variará el número de crujías: 1, 2, 3 y 4. Además, serán diseñados con el tipo de suelo S2 (suelos intermedios) de la Norma E.030. Se usará el programa Cypecad para el diseño, ya que esta contiene la norma peruana de concreto armado E.060.

2da fase: Diseñar Pórticos con una altura de entrepiso de 3.2 metros y una longitud total fija de 12 metros, con alturas que van de 4 y 8 niveles en los cuales se variará el número de crujías: 1, 2, 3 y 4. Además, serán diseñados con el tipo de suelo S2 (suelos intermedios) de la Norma E.030. Se usará el programa Cypecad para el diseño, ya que esta contiene la norma peruana de concreto armado E.060.

3era fase: Una vez obtenidas las cuantías óptimas de diseño se procederá a la configuración y modelado de los pórticos en el programa Etabs 2017, colocando las cuantías que obtuvimos en el Cypecad, ingresaremos las cargas gravitacionales con la que fue diseñada el pórtico bidimensional y veremos las primeras configuraciones del análisis no lineal.

4ta fase: Se realizará la configuración para todos los casos de carga necesarios. Carga Gravitacional No Lineal (CGNL), Pushover Fuerzas y Pushover modo 1

5ta fase: Obtendremos la curva de capacidad. La cual consiste en la gráfica fuerza desplazamiento de la totalidad de la estructura. Los valores de cortante se transformarán en valores de aceleración para obtener el formato ADSR (espectro de respuesta aceleración – desplazamiento).

7ma fase: Se superponen ambos gráficos anteriores. En el punto donde se junta el espectro con el grafico, encontramos el denominado punto de desempeño. Este método requiere conversión a formato ADRS (espectro de respuesta aceleración – desplazamiento)

8va fase: Aplicación del método de los coeficientes, donde se persigue exactamente el mismo fin que el método del espectro de capacidad. Pero a través de un conjunto de coeficientes.

9ena fase: Se procede a las normativas del AT-40 para las derivas de entrepiso, se deberá haber considerado las secciones agrietadas.

10ma fase: Se procederá a verificar las limitaciones de los componentes, o rótulas, con las limitaciones ASCE 41-13

10ma fase: Se procederá a la cuantificación de la redundancia estructural. El control estadístico que se presenta en esta investigación es multivariante con la finalidad de descartar

asociaciones aleatorias, que sean fortuitos o ilegítimos entre la variable independiente y dependiente. Para ello se utilizará el Chi 2 de Pearson y así validar la Hipótesis planteada.

11va fase: Por último, se determinará la evaluación de resultados con todas las conclusiones que concierne el proyecto de investigación, así mismo se preparará los gráficos, planos y anexos respectivos

Con lo que respecta al análisis Pushover el procedimiento será determinado por los siguientes pasos:

- Se define un primer caso no lineal asociado a la carga gravitacional incluyendo la acción permanente y variable
- Se define un segundo caso no lineal asociado al patrón de carga lateral, de tal manera de que algunos elementos (o grupo de ellos) estén bajo esfuerzos alrededor del 10% de su resistencia. Este segundo caso inicia al final del caso gravitacional.
- Se define un punto control ubicado por lo general en el tope de la edificación, donde se va a monitorear el desplazamiento en función al incremento de la fuerza cortante.
- Se aplican las rótulas plásticas en los elementos estructurales. En este caso se pueden seguir lo lineamientos de FEMA 356 o ASCE 41 -13
- Se obtiene el patrón de rótulas plásticas y la curva de capacidad (desplazamiento en el techo vs corte en la base)

2.6.ASPECTOS ÉTICOS

Según la Oficina de Investigación Lima UCV, 2016, p. 12, se indica lo siguiente: considerar en el proyecto de investigación el compromiso, sinceridad y honestidad al mostrar la obtención de resultados, en el desarrollo de la investigación, con veracidad.

Los programas de cálculo que se utilizarán para esta investigación son programas originales. Primeramente, ya se cuenta con la Licencia original de CYPE 2018h con número 142692 a nombre de Richard Antonio Jaimes Durand como usuario, además el programa ETABS se usará con la versión de evaluación, que se pueden obtener registrándose en la página <http://www.csiespana.com> previa aprobación de la empresa, y serán usadas para la recolección de resultados. Se tiene en cuenta por encima de todo la propiedad intelectual; responsabilidad

social y ética profesional. Se respeta el trabajo de otros autores en cuanto al tema expuesto, por ello se las referencias serán citadas en todo momento que se haya usado una idea ajena.

Todas las referencias han sido realizadas siguiendo la normativa ISO-690.

De igual manera este proyecto será está abierto a ser verificado por el TURNITIN, y así demostrar este proyecto de investigación como legítimo.

3. RESULTADOS

3.1. DESARROLLO DEL CASO

3.1.1. Ubicación

En esta tesis REDUNDANCIA ESTRUCTURAL EN EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE PORTICOS DE CONCRETO ARMADO, LIMA 2018, se configura como una investigación analítica de diferentes modelos, por tanto la ubicación de las estructuras no está en un lugar fijo, sin embargo los datos obtenidos para el análisis sísmico son valores que representan a la Zona 4 de la norma peruana de diseño sismorresistente E030, que tiene el mayor riesgo sísmico del país y el tipo de suelo se ha configurado como un suelo intermedio S2, todo ello ha sido evaluado pues gran parte de la zona costera tiene este tipo de suelo. Por tanto, podemos concluir que la investigación ha sido tratada para las estructuras que pertenecen a la zona 4 y representan un tipo de suelo S2. Lima pertenece a la zona 4.



Figura 13: Zonificación sísmica
Fuente: Norma peruana E030

c. Perfil Tipo S₂: Suelos Intermedios
A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada s_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Figura 14: Parámetro de diseño S2
Fuente: Norma peruana E030

3.1.2. Descripción del Caso

La idea de hiperestaticización de las estructuras difiere notoriamente de los aspectos arquitectónicos con los cual se buscan mayores espacios, por ende menos líneas de defensa que son las columnas, así que la presente investigación no propone que pueda

realizarse para todo tipo de ambientes, ya que instituciones públicas o privadas como el caso de universidades o centros de esparcimiento requieren grandes luces, en ese caso existen sistemas que pueden suplir esas necesidades como el caso de placas o muros de corte.

La propuesta de esta investigación se centra en incentivar el uso de pórticos donde los espacios sean un poco más reducidos como el caso de los multifamiliares.

Los modelos propuestos consisten en determinar el efecto que sucede al ampliar las líneas de defensa, para ello se ha dimensionado las vigas y columnas cumpliendo al límite todos los parámetros normativos que contemplan a su diseño, en muchos casos están asociados con cuantías mínimas, pero cumpliendo con los criterios de resistencia por fuerza cortante y de confinamiento como en el caso de los refuerzos transversales.

Los pórticos tienen estas características: a) Pórticos acoplados con una misma longitud de 6m, que cuentan con 1, 2, 3 y 4 crujiás, una altura de entrepiso de 3.2m, asimismo de 4 y 8 niveles. Estos Pórticos son denominados pórticos de Longitud Variable (PLV). b) Pórticos de una misma longitud de 12m en la cual se varió su número de crujiás de 1, 2, 3 y 4, con una misma altura de entrepiso de 3.2m, estos pórticos son denominados de Longitud fija (PLF).

Se realizaron análisis de no lineales ante carga monótona creciente “Pushover” con el programa Etabs 2017. En su modelado los Pórticos fueron diseñados con las consideraciones de un modelo elástico, así mismo se ha considerado:

- Inercias brutas para las rigideces elásticas
- 75% del nudo viga-columna se modeló como zona de rigidez infinita.
- Condición de empotramiento perfecto en la base
- Cargas gravitacionales han sido incluidas
- Se utilizaron los mismos patrones de carga lateral que se emplearon en el diseño
- Se incluyeron los efectos P-delta en el caso no lineal

Para el diseño de los pórticos se ha considerado:

- Una carga viva de 250 kg/m² superior a la norma E020 que plantea 200 kg/m² para viviendas. Esto porque el uso de las edificaciones generalmente puede variar con el tiempo.
- Una carga permanente por tabiquería de 200 kg/m²
- Una carga permanente por losa aligerada de 25cm de peralte que representa 350 kg/m² (dato obtenido de la norma E020)
- Se ha trabajado con un ancho colaborante de 5m para todos los modelos, resultando las cargas gravitacionales para incluir a los sistemas de 2750 kg/m² como Carga muerta en todos los pisos, salvo en el último nivel donde se ha tomado 2250 kg/m². Como Carga viva resulta trabajar con una carga distribuida de 1250 kg/m² en todos los niveles y en ultimo nivel solo 500kg/m².
- Todos los pesos propios han sido trabajados por defecto por los programas computacionales.
- Para el diseño de los elementos estructurales se ha utilizado el programa Cypecad, obteniéndose las cuantías idóneas que se colocarán en la vida real conforme a los planos exportados, cabe decir que el programa trabaja conjuntamente con las normas E030 y E060 para su análisis sísmico y de concreto armado respectivamente.

ELEVACIÓN DE LOS MODELOS ANALIZADOS

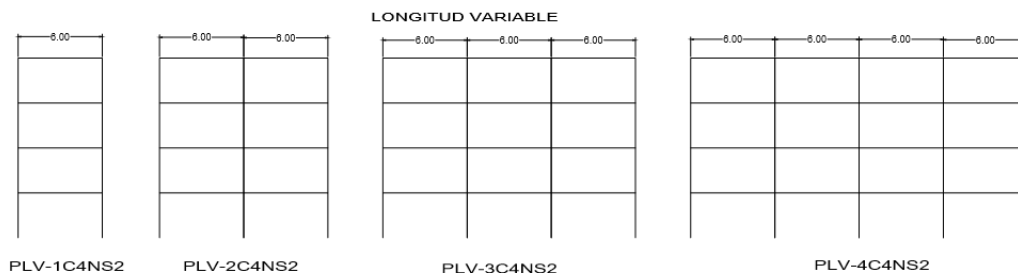


Figura 15: Pórticos de Longitud Variable de 4 Niveles (PLV4N)
Fuente: Elaboración propia

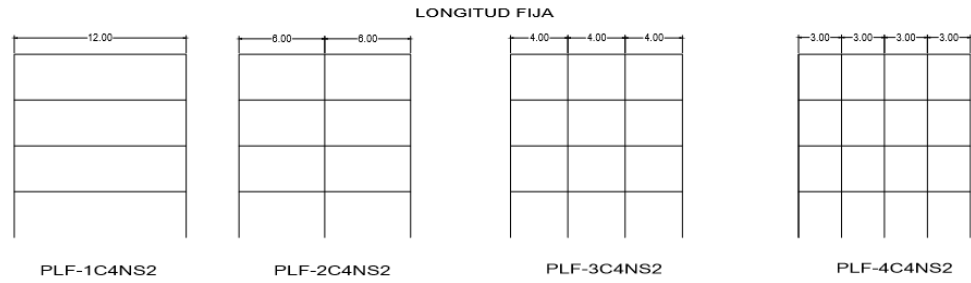


Figura 16: Pórticos de Longitud fija de 4 Niveles (PLF4N)
Fuente: Elaboración propia

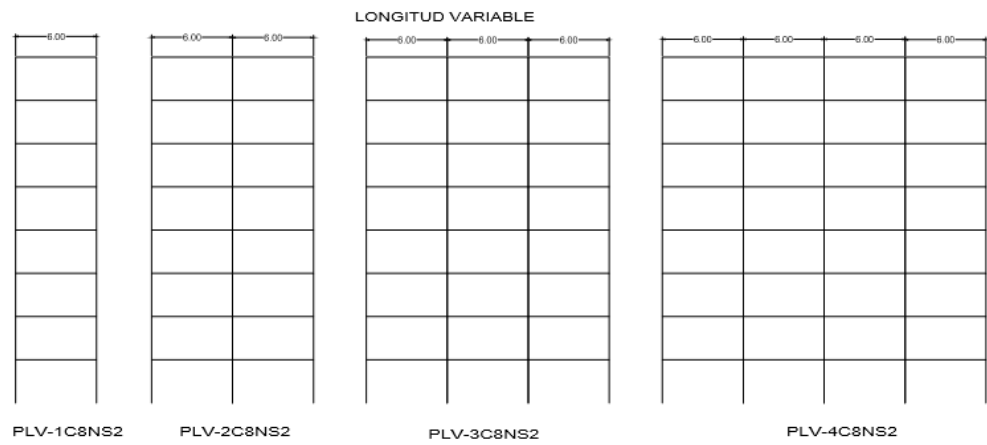


Figura 17: Pórticos de Longitud Variable de 8 Niveles (PLV8N)
Fuente: Elaboración propia

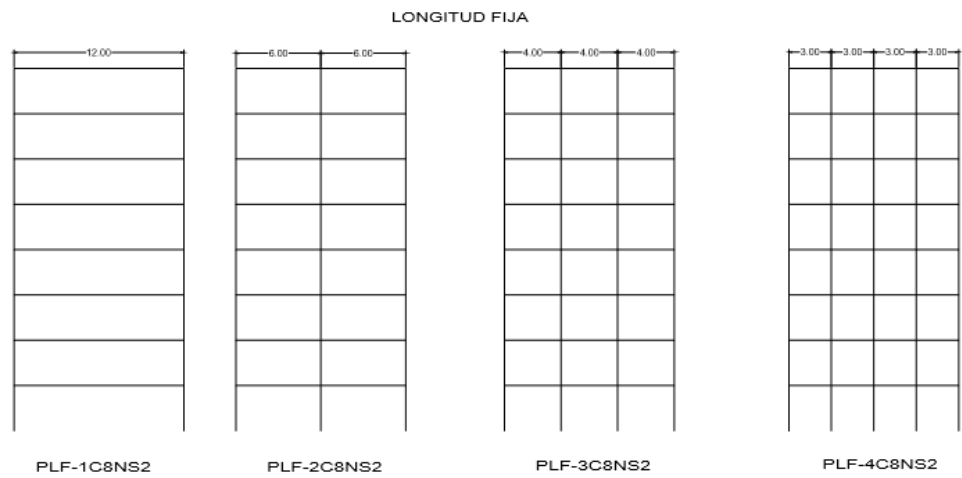


Figura 18: Pórticos de Longitud fija de 8 Niveles (PLF8N)
Fuente: Elaboración propia

Como representación de los modelados se ha tomado la siguiente simbología:

PLX-aCbNS2

Donde:

P = representa el Pórtico

L = Longitud

X = Variable “V” o Fija “F”

a = número de crujías valores que comprenden entre 1, 2, 3 y 4

C = Crujías

b = Número de niveles 4 o 5

N = Nivel

S2 = tipo de suelo s2 conforme a la norma E030.

3.1.3. Desarrollo del Caso

3.1.3.1. Diseño y análisis sísmico elástico

Se procede al modelado de las estructuras, tomando para todos los parámetros sísmicos de la norma E030, en este caso solo se está tomando para el Pórtico PLV-1C4NS2 que luego es generalizado para todos los pórticos.

Norma utilizada: Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016)

Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016) Diseño Sismorresistente

Método de cálculo: Análisis modal espectral (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 4.6)

1.1.- Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Fig 1 y Anexo 1): Zona 4

Tipo de perfil de suelo (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), 2.3.1): S2

Sistema estructural

R_{oX}: Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)

R_{oX} : 8.00

R_{oY}: Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)

R_{oY} : 8.00

I_a: Factor de irregularidad en altura (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_a: Factor de irregularidad en altura (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_p: Factor de irregularidad en planta (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)

I_p : 1.00

I_p: Factor de irregularidad en planta (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)

I_p : 1.00

Geometría en altura (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 3.5): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

Tipología estructural (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 4.5.4): I

Tipología estructural (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 4.5.4): I

h: Altura del edificio

h : *variable* m

Importancia de la obra (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 3.1 y Tabla 5): C:
Edificaciones comunes

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.25

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.50

Factor multiplicador del espectro

: 1.00

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2° orden

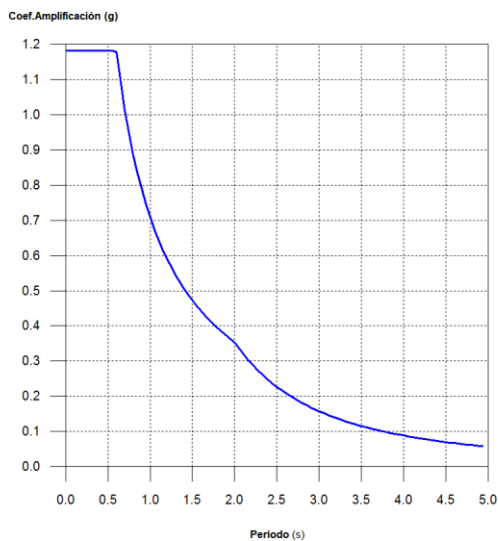
Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Requisitos especiales para elementos resistentes a fuerzas de sismo según la NTE.060

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

1.2.- Espectro de cálculo

1.2.1.- Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

Donde:

es el factor de amplificación sísmica.

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.181 g.

Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016) (Artículo 4.5.2 y 2.5)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

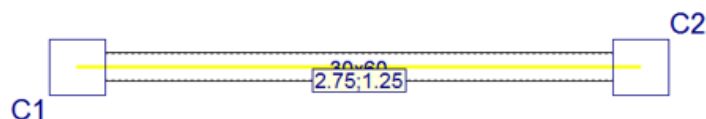
Z: Factor de zona (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 1) Zona sísmica (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Fig 1 y Anexo 1): Zona 4	Z : <u>0.45</u>
U: Factor de importancia (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 3) Importancia de la obra (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 3.1 y Tabla 5): C: Edificaciones comunes	U : <u>1.00</u>
S: Factor de amplificación del suelo (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 3) Tipo de perfil de suelo (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), 2.3.1): S2	S : <u>1.05</u>
T_p: Periodo de la plataforma del espectro (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 4)	T_p : <u>0.60</u> s
T_i: Periodo que define el inicio de la zona del espectro con desplazamiento constante (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 4)	T_i : <u>2.00</u> s
Tipo de perfil de suelo (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), 2.3.1): S2	

1.2.2.- Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R) correspondiente a cada dirección de análisis.

R_X: Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 6)	R_X : <u>8.00</u>
R_{0X}: Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)	R_{0X} : <u>8.00</u>
R_Y: Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 6)	R_Y : <u>8.00</u>
R_{0Y}: Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)	R_{0Y} : <u>8.00</u>
I_a: Factor de irregularidad en altura (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)	I_a : <u>1.00</u>
I_a: Factor de irregularidad en altura (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)	I_a : <u>1.00</u>
I_p: Factor de irregularidad en planta (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)	I_p : <u>1.00</u>
I_p: Factor de irregularidad en planta (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)	I_p : <u>1.00</u>

3.1.3.2. Modelado e ingreso de cargas gravitacionales al programa Cypecad



Carga muerta 2.75 T/ml y Sobrecarga de Uso 1.25 T/ml

Armado de columnas

Edificio del usuario	Criterio	X (mm)	Y (mm)	Espesor	Análisis longitudinal				Análisis transversal	
					Caso I		Caso II		Caso III	
RISD 4	12.8m	80	80	4	21"	4	25.1"	4	25.1"	15
RISD 3	9.6m	80	80	4	21"	4	25.1"	4	25.1"	15
RISD 2	6.4m	80	80	4	21"	4	25.1"	4	25.1"	15
RISD 1	3.2m	80	80	4	21"	4	25.1"	4	25.1"	15
Orientación	Est			4	21"	4	25.1"	4	25.1"	3

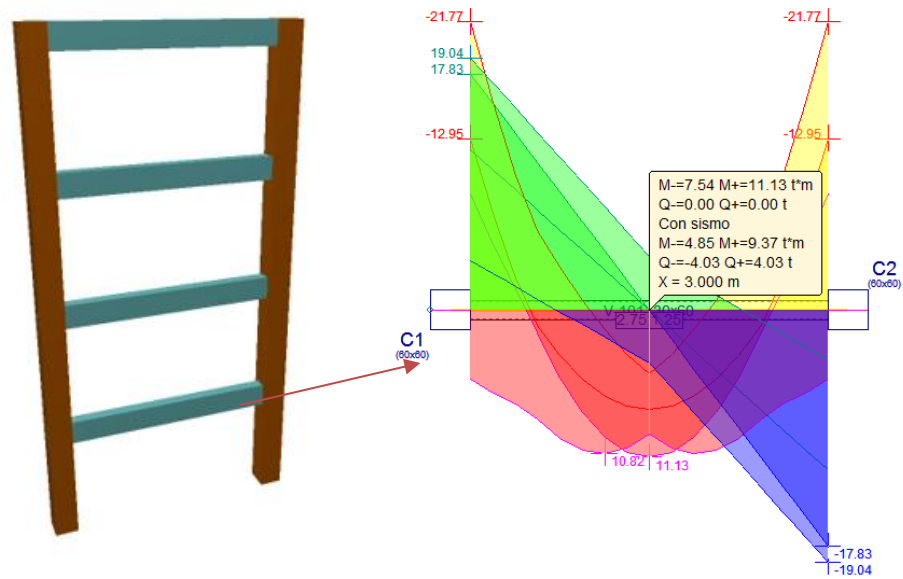


Figura 19: Modelado, ingreso de datos y envoltorio de momentos del pórtico de concreto armado PLV-1C4NS2
Fuente: Elaboración propia

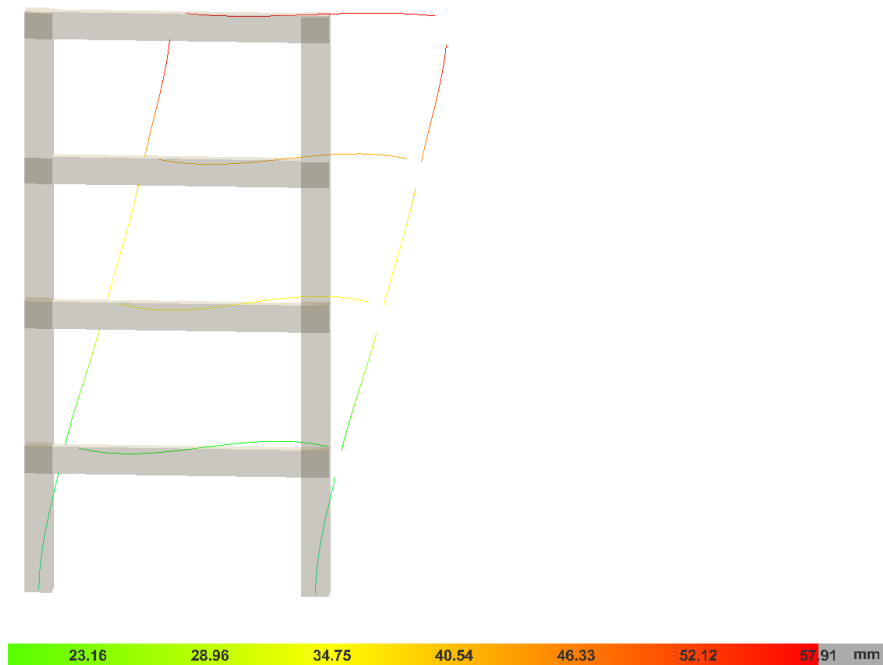


Figura 20: Método de los elementos finitos para el cálculo del desplazamiento máximo del pórtico de concreto armado PLV-1C4NS2
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.3. Secciones y material usado para los pórticos de concreto armado

PLV-1C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PLV-2C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PLV-3C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PLV-4C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2

Figura 21: Datos de los pórticos de longitud variable de 4 niveles (PLV4N)

Fuente: Elaboración propia

PLF-1C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-80x80	V-30x80	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-80x80	V-30x80	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-80x80	V-30x80	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-80x80	V-30x80	F'c = 210Kg/cm2
PLF-2C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-60x60	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PLF-3C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-50x50	V-30x45	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-50x50	V-30x45	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-50x50	V-30x45	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-50x50	V-30x45	F'c = 210Kg/cm2
PLF-4C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 4	C-40x40	V-30x40	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-40x40	V-30x40	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-40x40	V-30x40	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-40x40	V-30x40	F'c = 210Kg/cm2

Figura 22: Datos de los pórticos de longitud fija de 4 niveles (PLF4N)

Fuente: Elaboración propia

PLV-1C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-80x80	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-80x80	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PLV-2C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-80x80	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-80x80	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PLV-3C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-75x75	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-75x75	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PLV-4C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-75x75	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-75x75	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-75x75	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2

Figura 23: Datos de los pórticos de longitud variable de 8 niveles (PLV8N)
Fuente: Elaboración propia

PLF-1C4NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-105x105	V-30x80	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-105x105	V-30x80	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-105x105	V-30x105	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-105x105	V-30x105	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-105x105	V-30x105	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-105x105	V-30x105	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-105x105	V-30x105	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-105x105	V-30x105	F'c = 210Kg/cm2
PLF-2C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-80x80	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-80x80	V-30x60	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-80x80	V-30x70	F'c = 210Kg/cm2
PLF-3C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-60x60	V-30x45	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-60x60	V-30x45	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-60x60	V-30x55	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-60x60	V-30x55	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-60x60	V-30x55	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-60x60	V-30x55	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-60x60	V-30x55	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-60x60	V-30x55	F'c = 210Kg/cm2
PLF-4C8NS2	Columna	Viga	Concreto
PISO 8	C-50x50	V-30x40	F'c = 210Kg/cm2
PISO 7	C-50x50	V-30x40	F'c = 210Kg/cm2
PISO 6	C-50x50	V-30x50	F'c = 210Kg/cm2
PISO 5	C-50x50	V-30x50	F'c = 210Kg/cm2
PISO 4	C-50x50	V-30x50	F'c = 210Kg/cm2
PISO 3	C-50x50	V-30x50	F'c = 210Kg/cm2
PISO 2	C-50x50	V-30x50	F'c = 210Kg/cm2
PISO 1	C-50x50	V-30x50	F'c = 210Kg/cm2

Figura 24: Datos de los pórticos de longitud fija de 8 niveles (PLF8N)
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.4. Obtención de las cuantías de diseño

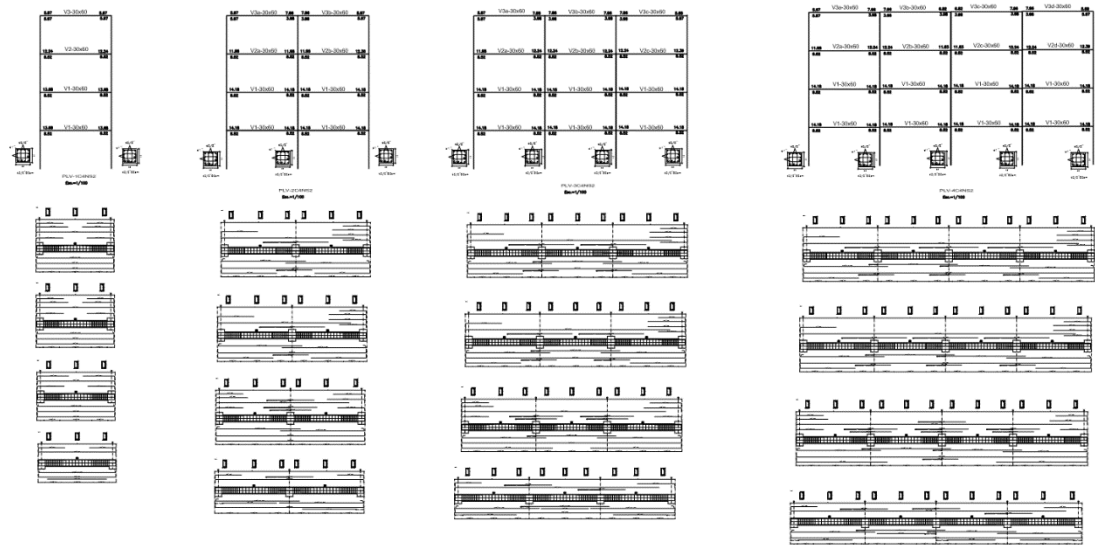


Figura 25: Cuantías de diseño para los pórticos de longitud variable de 4 niveles
Fuente: Elaboración propia

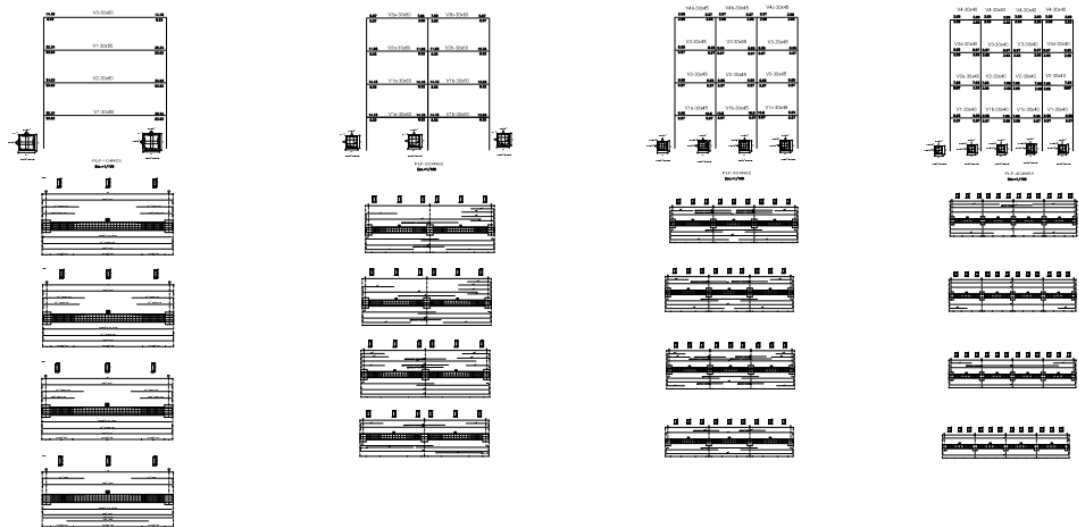


Figura 26: Cuantías de diseño para los pórticos de longitud fija de 4 niveles
Fuente: Elaboración propia

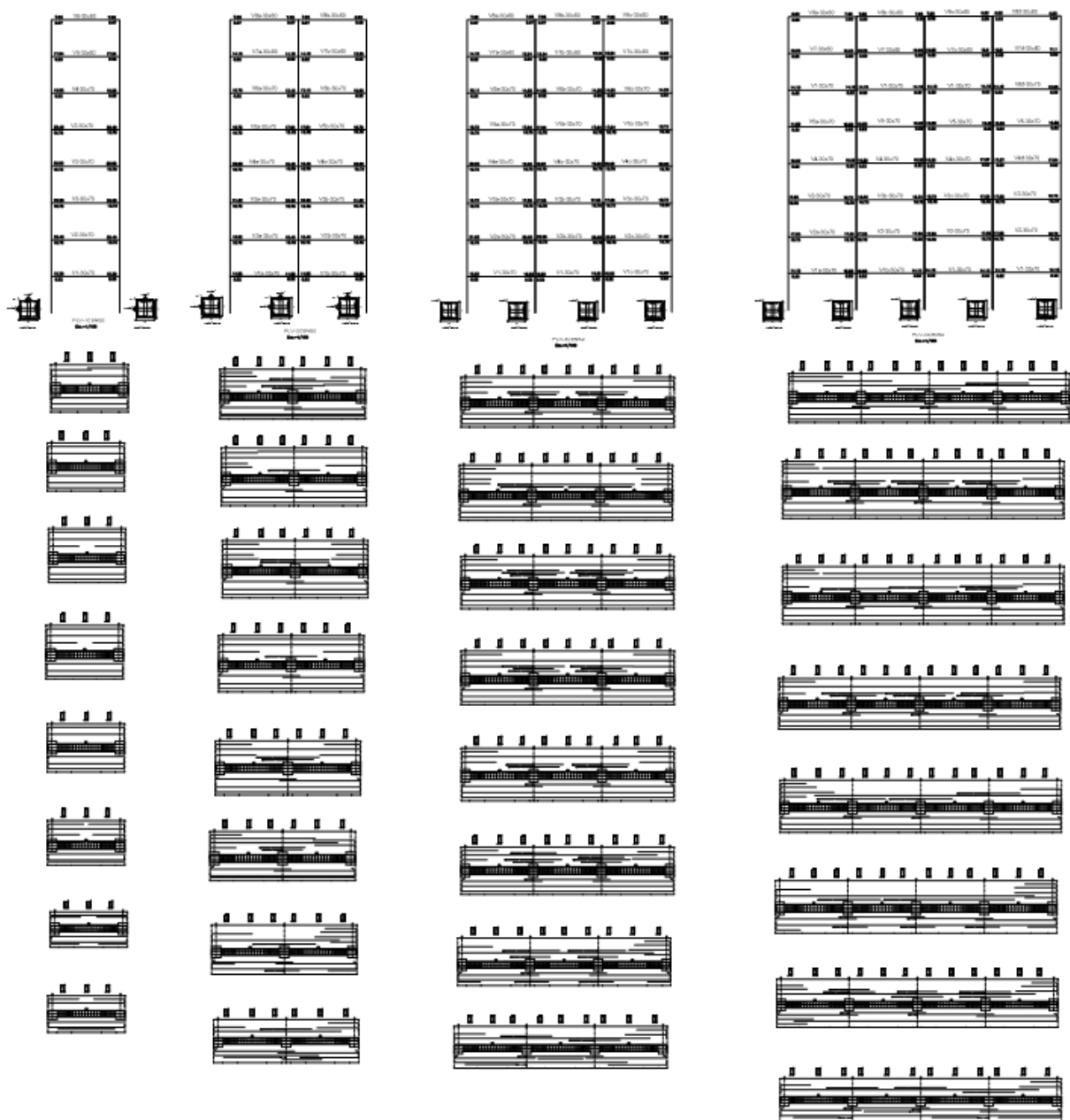


Figura 27: Cuantías de diseño para los pórticos de longitud Variable de 8 niveles
Fuente: Elaboración propia

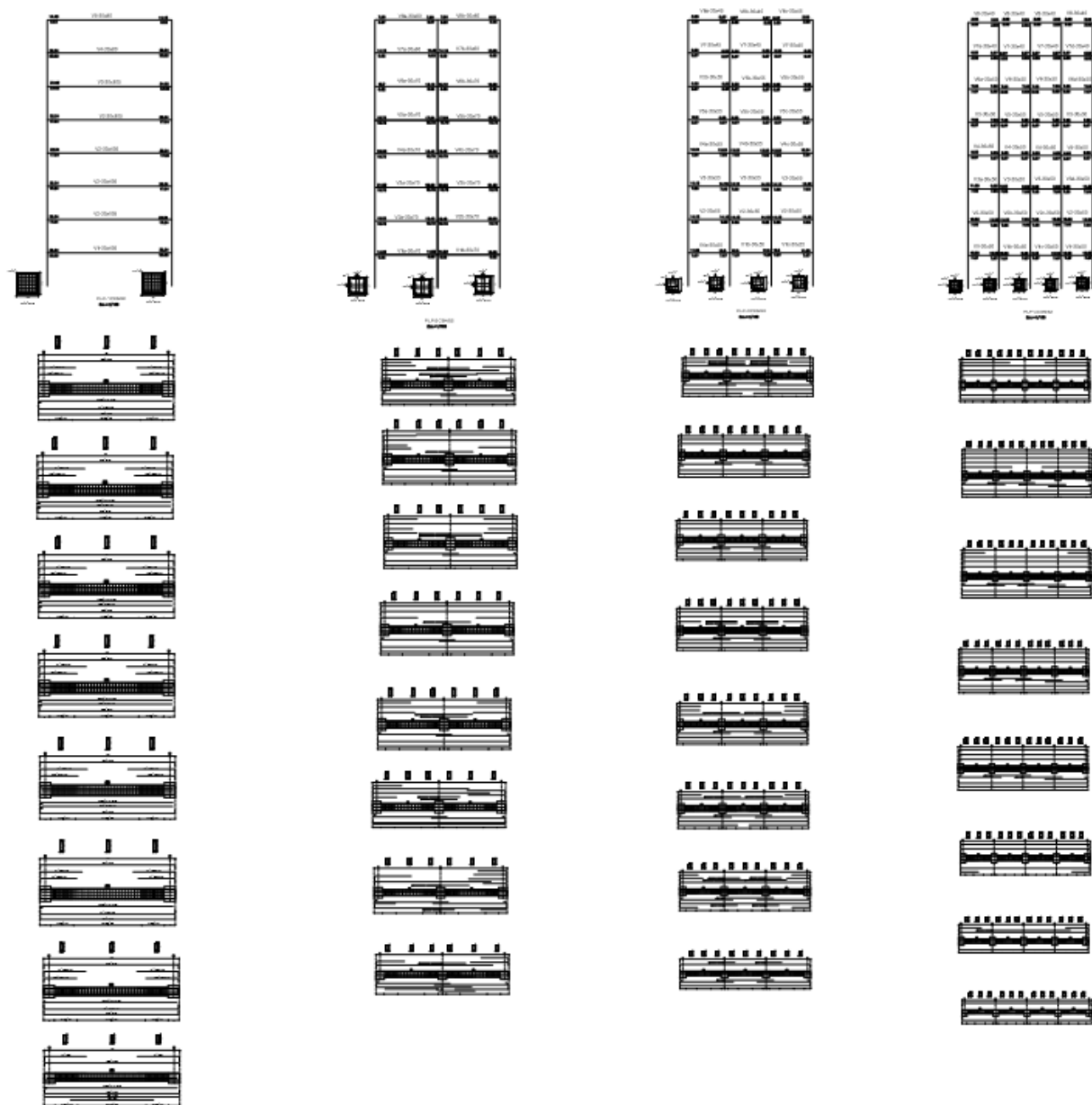


Figura 28: Cuantías de diseño para los pórticos de longitud fija de 8 niveles
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.5. Ingreso de datos al programa Etabs

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a material named 'FC 210'. The 'General Data' section includes fields for Material Name, Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color, and Material Notes. The 'Material Weight and Mass' section has radio buttons for 'Specify Weight Density' and 'Specify Mass Density', with corresponding input fields for Weight per Unit Volume (0.0024 kgf/cm³) and Mass per Unit Volume (0.000002 kgf-s²/cm⁴). The 'Mechanical Property Data' section includes fields for Modulus of Elasticity, E (218819.79 kgf/cm²), Poisson's Ratio, U (0.2), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (91174.91 kgf/cm²). The 'Design Property Data' section has a button for 'Modify/Show Material Property Design Data...'. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The dialog box has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 29: Material de concreto usado
Fuente: Elaboración propia

The screenshot shows the 'Frame Section Property Reinforcement Data' dialog box. The 'General Data' section includes fields for Property Name (C60X60), Material (FC 210), Notional Size Data, Display Color, and Notes. The 'Shape' section has a dropdown for Section Shape (Concrete Rectangular). The 'Section Property Source' section has a dropdown for Source (User Defined). The 'Section Dimensions' section has input fields for Depth (60 cm) and Width (60 cm). The 'Reinforcement' section has a button for 'Modify/Show Re...'. The 'Design Type' section has radio buttons for 'P-M2-M3 Design (Column)' and 'M3 Design Only (Beam)'. The 'Reinforcement Configuration' section has radio buttons for 'Rectangular' and 'Circular'. The 'Rebar Material' section has dropdowns for Longitudinal Bars (A615Gr60) and Confinement Bars (Ties) (A615Gr60). The 'Check/Design' section has radio buttons for 'Reinforcement to be Checked' and 'Reinforcement to be Designed'. The 'Longitudinal Bars' section has input fields for Clear Cover for Confinement Bars (4 cm), Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face (4), Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face (4), Longitudinal Bar Size and Area (#5, 2 cm²), and Corner Bar Size and Area (#8, 5.1 cm²). The 'Confinement Bars' section has input fields for Confinement Bar Size and Area (#3, 0.71 cm²), Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis) (8 cm), Number of Confinement Bars in 3-dir (4), and Number of Confinement Bars in 2-dir (4). The dialog box has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Figura 30: creación de las secciones con las cuantías obtenidas del Cypecad
Fuente: Elaboración propia

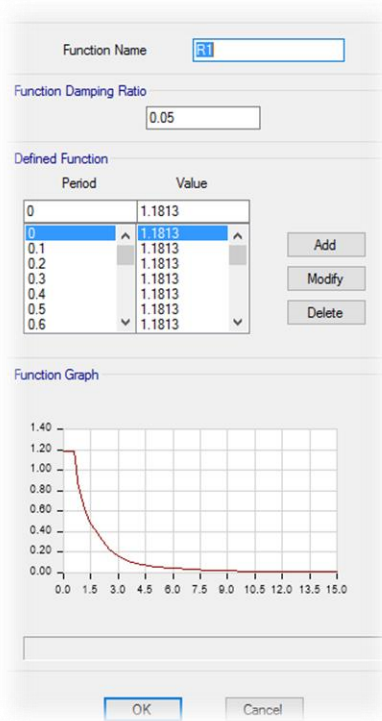


Figura 33: Espectro de aceleraciones considerando un $R = 1$
Fuente: Elaboración propia

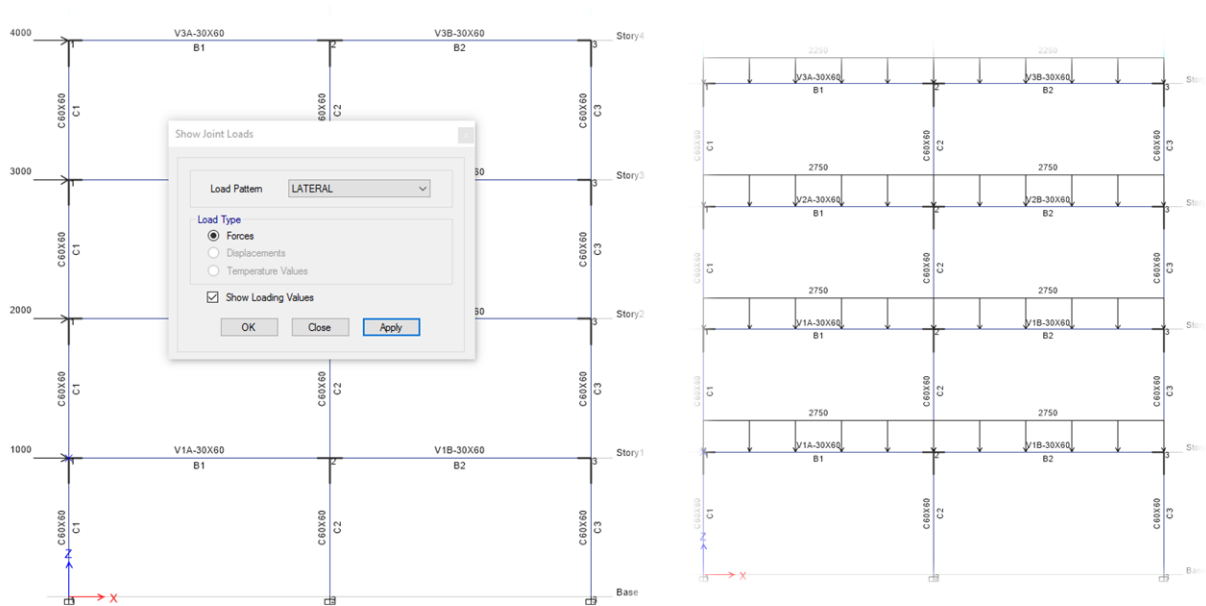


Figura 34: Ingreso de cargas laterales y gravitacionales
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.6. Configuración para el análisis no lineal en el programa Etabs

CGNL

Estamos creando un caso de Carga Gravitacional No Lineal para que el Pushover comience a deformar en el último estado de deformación

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	PP	1.2
Load Pattern	CM	1.2
Load Pattern	CV	0.5

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

Figura 35: Casos de carga gravitacional no lineal
Fuente: Elaboración propia

PUSHOVER

Consiste en llevar al colapso la estructura ya diseñada, de la cual se conoce su armado; esto se logra mediante la aplicación de un patrón de cargas laterales incrementales y bajo cargas gravitacionales constantes, que se aplican en la misma dirección hasta que la estructura colapse o hasta cierto valor de carga. Con este análisis es posible evaluar el desempeño esperado de la estructura por medio de la estimación de fuerzas y demanda de deformaciones en el diseño sísmico

Vamos a crear dos casos Pushover que van a iniciar en el último estado del caso CGNL

General

Load Case Name: PUSHOVER FUERZAS

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	LATERAL	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: Default

Figura 36: Pushover de Fuerzas
Fuente: Elaboración propia

General

Load Case Name: PUSHOVER MOD01

Load Case Type: Nonlinear Static

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: MsSrc1

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: Default

Figura 37: Pushover Modo 1
Fuente: Elaboración propia

Load Application Control

☐ Full Load

☒ Displacement Control

☐ Quasi-Static (run as time history)

Control Displacement

☐ Use Conjugate Displacement

☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of m

Monitored Displacement

☒ DOF/Joint

☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements

Quasi-static Parameters

Time History Type

Output Time Step Size sec

Mass Proportional Damping 1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha

Figura 38: Asignación de control de desplazamiento
Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN AGRIETADA

La sección agrietada va a influir en el encuentro del punto de desempeño y curva pushover, la norma ASCE 41-13 plantea el agrietamiento de las secciones

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area

Shear Area in 2 direction

Shear Area in 3 direction

Torsional Constant

Moment of Inertia about 2 axis

Moment of Inertia about 3 axis

Mass

Weight

COLUMNAS

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area

Shear Area in 2 direction

Shear Area in 3 direction

Torsional Constant

Moment of Inertia about 2 axis

Moment of Inertia about 3 axis

Mass

Weight

VIGAS

Figura 39: Agrietamiento de las secciones
Fuente: Elaboración propia

ASIGNACIÓN DE ROTULAS

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables in ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom
☐ M2
☒ M3

V Value From
☒ Case/Combo CGNL
☐ User Value V2 kg

Transverse Reinforcing
☒ Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio $(p - p') / p_{balanced}$
☒ From Current Design
☐ User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

Figura 40: Ingreso de rótulas para las vigas según la tabla 10-7 del ASCE 41-13

Fuente: Elaboración propia

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables in ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-8 (Concrete Columns)

Degree of Freedom
☐ M2
☐ M3
☐ M2-M3
☐ P-M2
☒ P-M3
☐ P-M2-M3
☐ Parametric P-M2-M3

P and V Values From
☒ Case/Combo PUSHOVER MOD01
☐ User Value
 V2 kgf V3 kg

Concrete Column Failure Condition
☐ Condition i - Flexure
☒ Condition ii - Flexure/Shear
☐ Condition iii - Shear
☐ Condition iv - Development

Shear Reinforcing Ratio $p = A_v / (b_w * s)$
☒ From Current Design
☐ User Value

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

Figura 41: Ingreso de rótulas para las columnas según la tabla 10-8 del ASCE 41-13

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.7. Obtención de resultados del programa Etabs

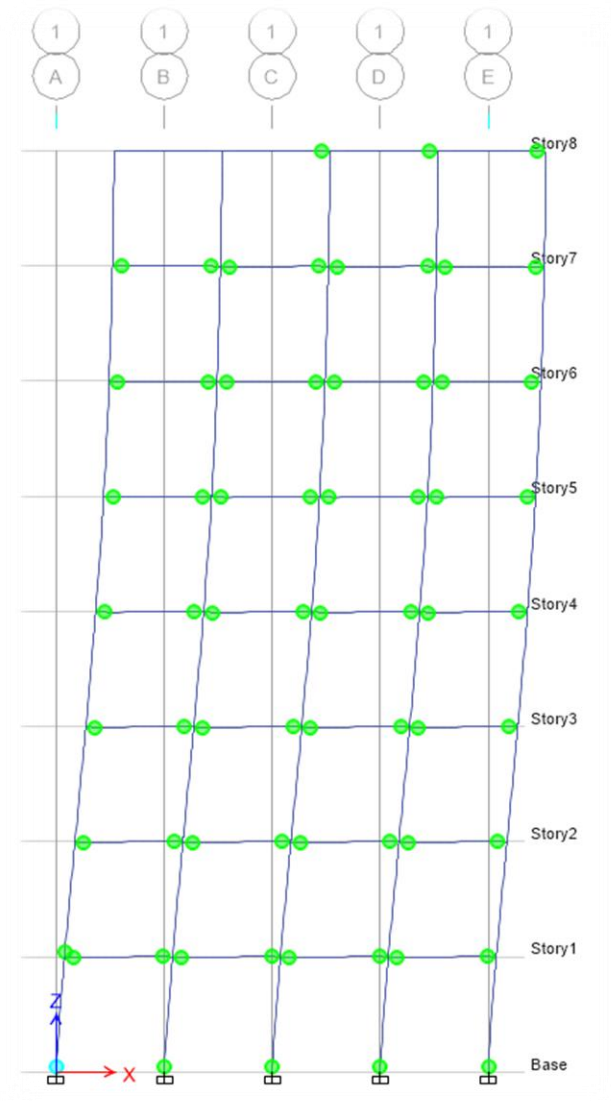


Figura 42: Generación de rotulas pláticas en los nodos
Fuente: Elaboración propia

METODOS PARA EL EVALUACIÓN DE LA DUCTLIDAD

Método de los coeficientes (ASCE-41-13) ver Fig. 41

Método del espectro de capacidad (FEMMA 440) ver Fig. 42

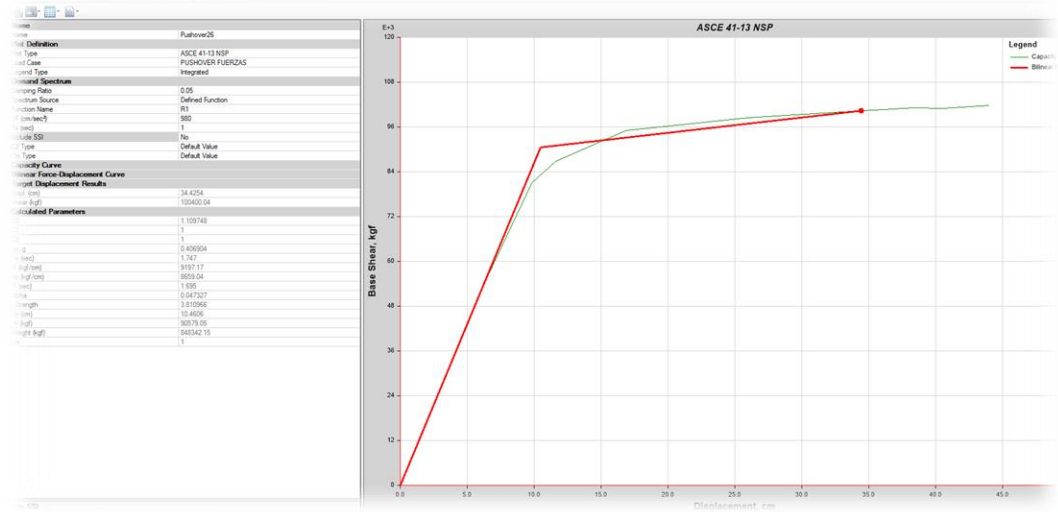


Figura 43: Desempeño con el método de los coeficientes (ASCE 41-13)
Fuente: Elaboración propia

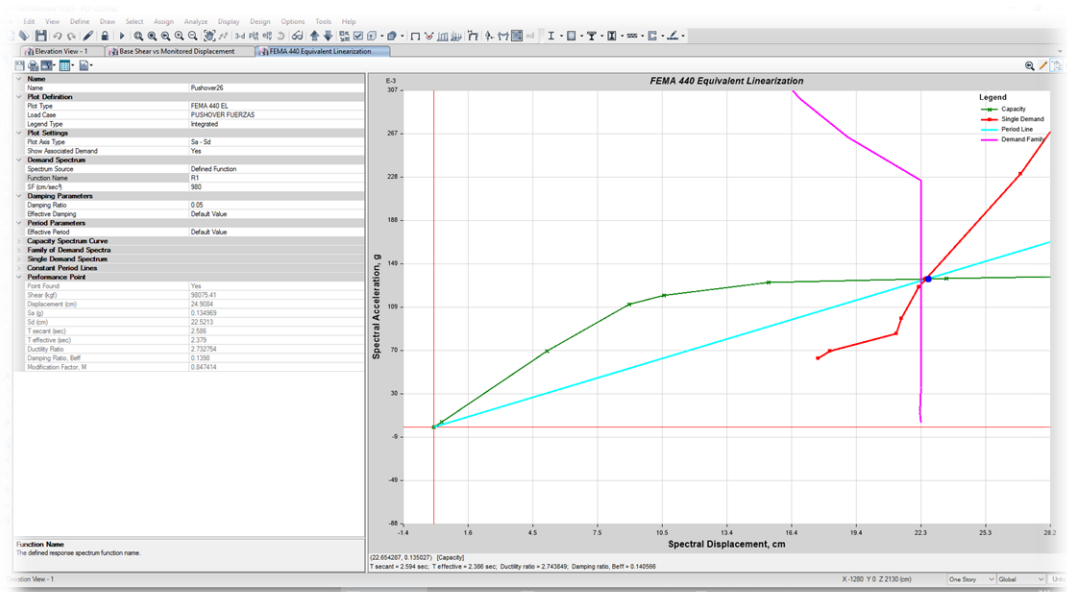


Figura 44: Desempeño por demanda capacidad (FEMMA 440)
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos serán evaluados mediante tablas y gráficos en el siguiente punto.

CONSIDERACIONES

Según la clasificación de los sismos por la norma ATC-40 hay tres tipos de sismo:

Sismo de servicio. Es el sismo más común que puede sufrir una edificación. Periodo de retorno 75 años.

Sismo de diseño. Es el sismo con el que se diseña, pero es poco probable que suceda. Periodo de retorno 475 años.

Sismo Máximo. Es el sismo máximo que podría ocurrir. Periodo de retorno entre 975 y 2475 años. Es el que comúnmente se utiliza para edificaciones importantes y esenciales, en algunas normativas es el sismo de diseño multiplicado x 1,3. Los códigos conocen esta situación, y clasifican las edificaciones en 3 grupos. Lo hemos podido ver en los cursos de cypecad anteriores.

Para las evaluaciones del análisis no lineal se tomará el “sismo de diseño” ya que es el sismo con el que han sido diseñados las cuantías de los pórticos. Ello representa el 100% de la aceleración de la gravedad (980cm/s^2)

Para establecer los Límites de desempeño vamos a seguir la guía del FEMA

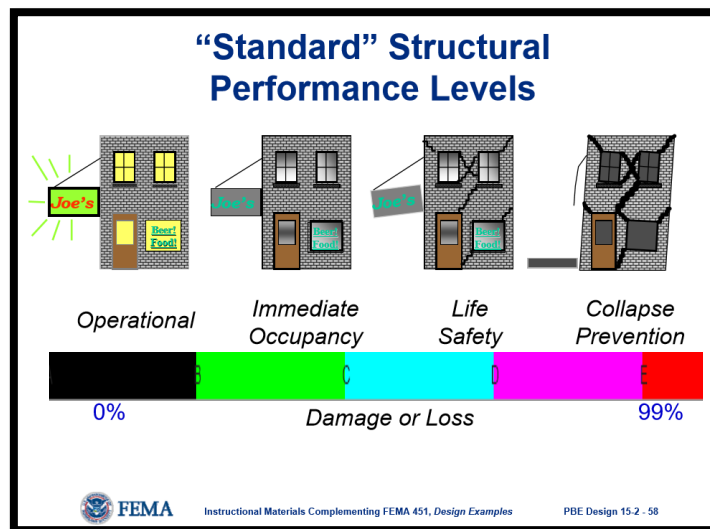


Figura 45: Niveles de desempeño según FEMA 440
Fuente: FEMA 440

Se considerará el nivel moderado de Seguridad de la vida (Life safety) como límite, donde la estructura sufre daños, pero debe permanecer estable.

3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.2.1. RESULTADOS GENERALES

Tabla 4: Desplazamientos máximos, derivas de entrepiso de los pórticos de Longitud variable de 4 niveles (PLV4N)

PLV-1C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	57.94	0.003802	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 3	45.89	0.005155	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 2	29.54	0.005650	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 1	11.4	0.003922	OK!	C-60x60	V-30x60
PLV-2C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	60.35	0.003831	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 3	48.22	0.005236	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 2	31.56	0.005952	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 1	12.50	0.004310	OK!	C-60x60	V-30x60
PLV-3C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	61.23	0.003831	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 3	49.12	0.005263	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 2	32.39	0.006061	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 1	12.97	0.004464	OK!	C-60x60	V-30x60
PLV-4C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	61.7	0.003831	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 3	49.61	0.005263	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 2	32.84	0.006098	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 1	13.23	0.004545	OK!	C-60x60	V-30x60

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 4: En el diseño de los pórticos de concreto armado se llegó a obtener las derivas límites de la norma E030 que representa un 0.7%, cumpliéndose en su totalidad, además se ha considerado que la falla no se dé por viga fuerte – columna débil, para este análisis la rigidez de la viga siempre es igual o menor a la rigidez de la columna, respetándose en el nodo la columna fuerte – viga débil.

Tabla 5: Resultados generales de los pórticos de longitud variable de 4 niveles (PLV4N)

	Periodo (s)	A (g)	Peso sísmico (Tn)	Cortante Basal (Tn)	Deriva Total	Factor Modif.
PLV-1C4NS2	0.443	0.148	99.80	12.0088	0.004630	1.00
PLV-2C4NS2	0.453	0.148	189.24	22.9702	0.004831	1.00
PLV-3C4NS2	0.457	0.148	278.69	33.9578	0.004878	1.00
PLV-4C4NS2	0.459	0.148	368.13	44.9519	0.004926	1.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 5: Los resultados obtenidos para el diseño, se observa que el periodo de los pórticos analizados va creciendo con el aumento de crujías, el peso sísmico va creciendo también por ser pórticos acoplados, así como la fuerza cortante basal proporcional al peso sísmico. Obtenemos también una deriva total del sistema. El factor de modificación es la relación de la fuerza cortante estática con la dinámica.

Tabla 6: Desplazamientos máximos, derivas de entrepiso de los pórticos de Longitud fija de 4 niveles (PLF4N)

PLF-1C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	61.68	0.004425	OK!	C-80x80	V-30x80
PISO 3	47.62	0.005682	OK!	C-80x80	V-30x80
PISO 2	29.46	0.005814	OK!	C-80x80	V-30x80
PISO 1	10.81	0.003846	OK!	C-80x80	V-30x80
PLF-2C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	60.35	0.003831	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 3	48.22	0.005236	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 2	31.56	0.005952	OK!	C-60x60	V-30x60
PISO 1	12.50	0.004310	OK!	C-60x60	V-30x60
PLF-3C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	67.55	0.004184	OK!	C-50x50	V-30x45
PISO 3	54.45	0.005650	OK!	C-50x50	V-30x45

PISO 2	36.56	0.006711	OK!	C-50x50	V-30x45
PISO 1	15.03	0.005025	OK!	C-50x50	V-30x45

PLF-4C4NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 4	76.37	0.004673	OK!	C-40x40	V-30x40
PISO 3	61.80	0.005882	OK!	C-40x40	V-30x40
PISO 2	43.17	0.007463	NO CUMPLE!	C-40x40	V-30x40
PISO 1	19.30	0.006410	OK!	C-40x40	V-30x40

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 6: En el diseño de los pórticos de concreto armado se llegó a obtener las derivas límites de la norma E030 que representa un 0.7%, cumpliéndose casi en su totalidad, solo en el piso 2 del Pórtico PLF-4C4NS2 apenas sobrepasa el límite, lo cual deberá analizarse en el análisis no lineal, además se ha considerado que la falla no se dé por viga fuerte – columna débil, para este análisis la rigidez de la viga siempre es igual o menor a la rigidez de la columna, respetándose en el nodo la columna fuerte – viga débil.

Tabla 7: Resultados generales de los pórticos de longitud fija de 4 niveles (PLF4N)

	Periodo (s)	A (g)	Peso sísmico (Tn)	Cortante Basal (Tn)	Deriva Total	Factor Modif.
PLF-1C4NS2	0.433	0.148	179.50	21.0745	0.004975	1.01
PLF-2C4NS2	0.453	0.148	189.24	22.9702	0.004831	1.00
PLF-3C4NS2	0.480	0.148	181.49	22.2897	0.005348	1.00
PLF-4C4NS2	0.511	0.148	174.03	21.8181	0.006061	1.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 7: Los resultados obtenidos para el diseño, se observa que el periodo de los pórticos analizados va creciendo con el aumento de crujías, el peso sísmico casi permanece constante en cuanto a la variación de crujías, así como la fuerza cortante basal proporcional al peso sísmico. Siendo incluso el pórtico de 4 crujías menor que el pórtico de 1 crujía. El factor de modificación es la relación de la fuerza cortante estática con la dinámica.

Tabla 8: Desplazamientos máximos, derivas de entrepiso de los pórticos de Longitud variable de 8 niveles (PLV8N)

PLV-1C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	138.09	0.003802	OK!	C-80x80	V-30x60
PISO 7	126.39	0.004566	OK!	C-80x80	V-30x60
PISO 6	112.00	0.005319	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 5	95.25	0.006211	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 4	75.61	0.006849	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 3	53.71	0.007042	NO CUMPLE!	C-80x80	V-30x70
PISO 2	31.11	0.006289	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 1	10.96	0.003846	OK!	C-80x80	V-30x70

PLV-2C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	130.26	0.003311	OK!	C-80x80	V-30x60
PISO 7	120.12	0.004082	OK!	C-80x80	V-30x60
PISO 6	107.29	0.004854	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 5	92.11	0.005747	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 4	73.92	0.006494	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 3	53.22	0.006803	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 2	31.38	0.006250	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 1	11.33	0.003953	OK!	C-80x80	V-30x70

PLV-3C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	131.33	0.003155	OK!	C-75x75	V-30x60
PISO 7	121.79	0.003968	OK!	C-75x75	V-30x60
PISO 6	109.44	0.004739	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 5	94.69	0.005682	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 4	76.73	0.006494	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 3	55.99	0.006993	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 2	33.66	0.006623	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 1	12.51	0.004386	OK!	C-75x75	V-30x70

PLV-4C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	130.77	0.003086	OK!	C-75x75	V-30x60
PISO 7	121.44	0.003906	OK!	C-75x75	V-30x60
PISO 6	109.27	0.004673	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 5	94.71	0.005650	OK!	C-75x75	V-30x70

PISO 4	76.9	0.006494	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 3	56.26	0.006944	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 2	33.96	0.006623	OK!	C-75x75	V-30x70
PISO 1	12.69	0.004444	OK!	C-75x75	V-30x70

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 8: En el diseño de los pórticos de concreto armado se llegó a obtener las derivas límites de la norma E030 que representa un 0.7%, cumpliéndose casi en su totalidad, solo en el piso 3 del Pórtico PLV-1C4NS2 apenas sobrepasa el límite, lo cual deberá analizarse en el análisis no lineal, además se ha considerado que la falla no se dé por viga fuerte – columna débil, para este análisis la rigidez de la viga siempre es igual o menor a la rigidez de la columna, respetándose en el nodo la columna fuerte – viga débil.

Tabla 9: Resultados generales de los pórticos de longitud variable de 8 niveles (PLV8N)

	Periodo (s)	A (g)	Peso sísmico (Tn)	Cortante Basal (Tn)	Deriva Total	Factor Modif.
PLV- 1C8NS2	0.741	0.120	241.86	22.8888	0.005435	1.03
PLV- 2C8NS2	0.727	0.122	444.75	43.3585	0.005128	1.00
PLV- 3C8NS2	0.739	0.120	629.38	61.0079	0.005181	1.00
PLV- 4C8NS2	0.737	0.120	827.76	80.6112	0.005155	1.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 9: Los resultados obtenidos para el diseño, se observa que el periodo de los pórticos analizados va creciendo con el aumento de crujías, el peso sísmico va creciendo también por ser pórticos acoplados, así como la fuerza cortante basal proporcional al peso sísmico. Obtenemos también una deriva total del sistema. El factor de modificación es la relación de la fuerza cortante estática con la dinámica.

Tabla 10: Desplazamientos máximos, derivas de entrepiso de los pórticos de Longitud fija de 8 niveles (PLF8N)

PLF- 1C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	150.37	0.005000	OK!	C-105x105	V-30x80
PISO 7	134.77	0.005464	OK!	C-105x105	V-30x80

PISO 6	116.98	0.006173	OK!	C-105x105	V-30x105
PISO 5	97.53	0.006803	OK!	C-105x105	V-30x105
PISO 4	75.84	0.007246	NO CUMPLE!	C-105x105	V-30x105
PISO 3	52.6	0.007143	NO CUMPLE!	C-105x105	V-30x105
PISO 2	29.64	0.006061	OK!	C-105x105	V-30x105
PISO 1	10.26	0.003846	OK!	C-105x105	V-30x105

PLF-2C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	130.26	0.003311	OK!	C-80x80	V-30x60
PISO 7	120.12	0.004082	OK!	C-80x80	V-30x60
PISO 6	107.29	0.004854	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 5	92.11	0.005747	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 4	73.92	0.006494	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 3	53.22	0.006803	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 2	31.38	0.006250	OK!	C-80x80	V-30x70
PISO 1	11.33	0.003953	OK!	C-80x80	V-30x70

PLF-3C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	131.51	0.003247	OK!	C-60x60	V-30x45
PISO 7	121.66	0.003937	OK!	C-60x60	V-30x45
PISO 6	109.41	0.004545	OK!	C-60x60	V-30x55
PISO 5	95.27	0.005495	OK!	C-60x60	V-30x55
PISO 4	77.96	0.006329	OK!	C-60x60	V-30x55
PISO 3	57.8	0.006897	OK!	C-60x60	V-30x55
PISO 2	35.73	0.006803	OK!	C-60x60	V-30x55
PISO 1	13.89	0.004739	OK!	C-60x60	V-30x55

PLF-4C8NS2	Desplazamientos (mm)	Derivas	Límite 0.007	Columna	Viga
PISO 8	127.71	0.003215	OK!	C-50x50	V-30x40
PISO 7	117.98	0.003717	OK!	C-50x50	V-30x40
PISO 6	106.36	0.004237	OK!	C-50x50	V-30x50
PISO 5	93.12	0.005181	OK!	C-50x50	V-30x50
PISO 4	76.82	0.005952	OK!	C-50x50	V-30x50
PISO 3	57.83	0.006536	OK!	C-50x50	V-30x50
PISO 2	36.91	0.006711	OK!	C-50x50	V-30x50
PISO 1	15.41	0.005208	OK!	C-50x50	V-30x50

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 10: En el diseño de los pórticos de concreto armado se llegó a obtener las derivas límites de la norma E030 que representa un 0.7%, cumpliéndose casi en su totalidad, solo en el piso 3 y 4 del Pórtico PLF-1C8NS2 apenas sobrepasa el límite, lo cual deberá analizarse en el análisis no lineal, además se ha considerado que la falla no se dé por viga fuerte – columna débil, para este análisis la rigidez de la viga siempre es igual o menor a la rigidez de la columna, respetándose en el nodo la columna fuerte – viga débil.

Tabla 11: Resultados generales de los pórticos de longitud fija de 8 niveles (PLF8N)

	Periodo (s)	A (g)	Peso sísmico (Tn)	Cortante Basal (Tn)	Deriva Total	Factor Modif.
PLF- 1C8NS2	0.742	0.120	462.57	42.7073	0.005952	1.05
PLF- 2C8NS2	0.727	0.122	444.75	43.3585	0.005128	1.00
PLF- 3C8NS2	0.738	0.120	405.27	39.6303	0.005181	1.00
PLF- 4C8NS2	0.716	0.124	390.03	39.7801	0.005025	1.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 11: Los resultados obtenidos para el diseño, se observa que el periodo de los pórticos analizados es variable con el aumento de crujías, disminuye y aumenta a la vez, sin embargo, es pequeña la diferencia, el peso sísmico va disminuyendo con el aumento de crujías, así como la fuerza cortante basal proporcional al peso sísmico. Siendo incluso el pórtico de 4 crujías mucho menor que el pórtico de 1 crujía. Ello implica que se obtiene menos material. El factor de modificación es la relación de la fuerza cortante estática con la dinámica.

3.2.2. RESULTADOS EN CUANTO A INDICADORES

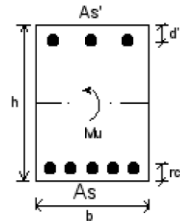
3.2.2.1. Ductilidad por Flexión (Vigas)

Se han obtenido del diagrama Momento – Curvatura, para ello se ha utilizado una hoja de cálculo del Ing. Eliud Hernández de su curso Análisis No lineal por INESA Adiestramiento

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 1 CRUJÍA, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-1C4NS2)

V1-30X60

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	60	As(cm2)=	13.68
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	55	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 41 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 12: Momento-curvatura del pórtico PLV-1C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	4.50E-06	6.48
Cedencia	5.20E-05	28.49
Última	3.70E-04	29.30

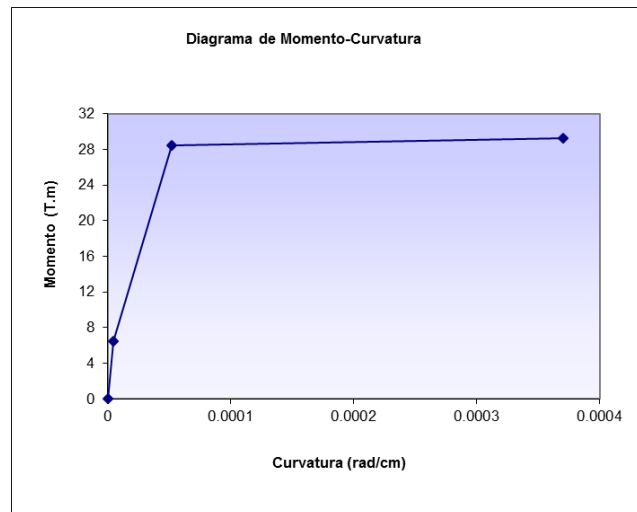
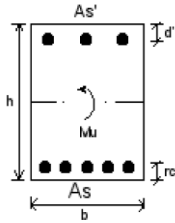


Figura 46: Diagrama momento-curvatura del pórtico PLV-1C4NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 12 y Figura 46: En el Pórtico **PLV-1C4NS2** para la viga V1-30x60 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.00037 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.000052 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 7.12$

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 2 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-2C4NS2)

V1-30x60

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	60	As(cm2)=	14.18
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	55	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 41 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 13: Momento-curvatura del pórtico PLV-2C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	4.51E-06	6.52
Cedencia	5.24E-05	29.49
Última	3.59E-04	30.33

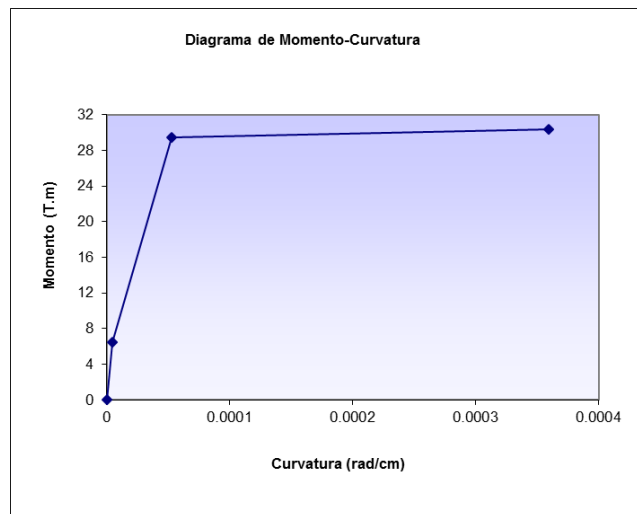
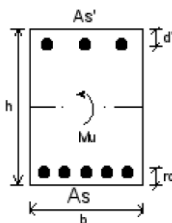


Figura 47: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-2C4NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 13 y Figura 47: En el Pórtico **PLV-2C4NS2** para la viga V1-30x60 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000359 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000524 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu= 6.86$.

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 3 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-3C4NS2)

V1-30x60

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	60	As(cm2)=	14.18
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	55	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 41 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 14: Momento-curvatura del pórtico PLV-3C4NS2:

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	4.51E-06	6.52
Cedencia	5.24E-05	29.49
Última	3.59E-04	30.33

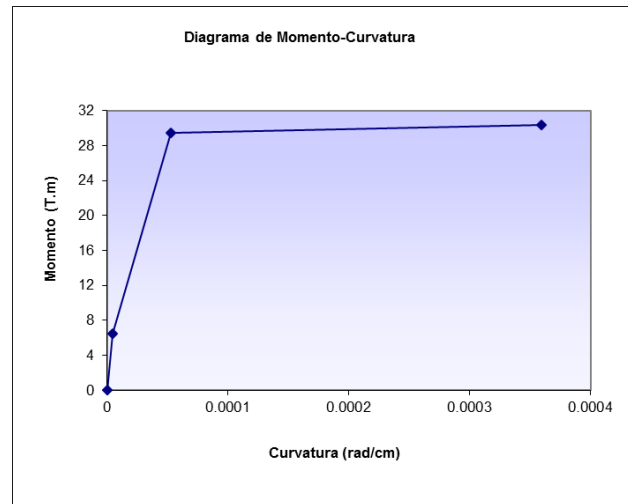
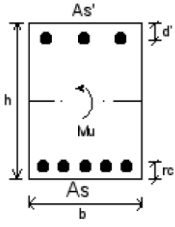


Figura 48: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-3C4NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 14 y Figura 48: En el Pórtico **PLV-3C4NS2** para la viga V1-30x60 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000359 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000524 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu=6.86$

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 4 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-4C4NS2)

V1-30x60

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	60	As(cm2)=	14.18
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	55	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 41 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 15: momento-curvatura del pórtico PLV-4C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	4.51E-06	6.52
Cedencia	5.24E-05	29.49
Última	3.59E-04	30.33

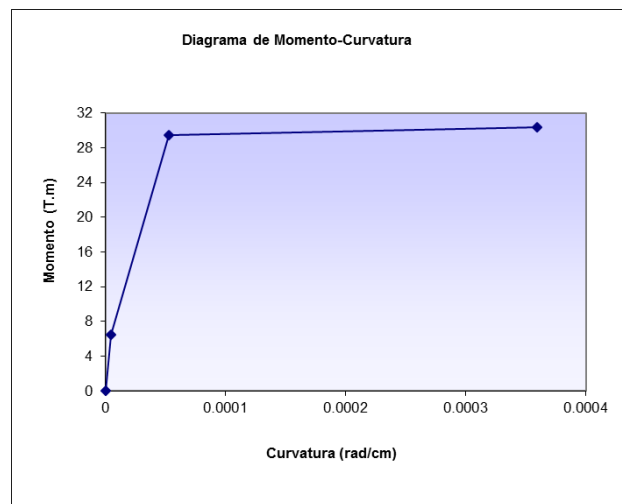


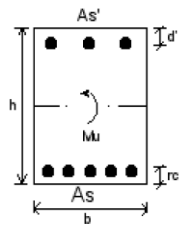
Figura 49: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-4C4NS2

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 15 y Figura 49: En el Pórtico **PLV-4C4NS2** para la viga V1-30x60 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000359 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000524 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 6.86$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 1 CRUJÍA, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-1C4NS2)

V1-30x80

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	80	As(cm2)=	32.34
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	75	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	23.82

Asb= 56 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 16: de Momento-curvatura del pórtico PLF-1C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.39E-06	13.85
Cedencia	4.10E-05	91.63
Última	2.64E-04	95.17

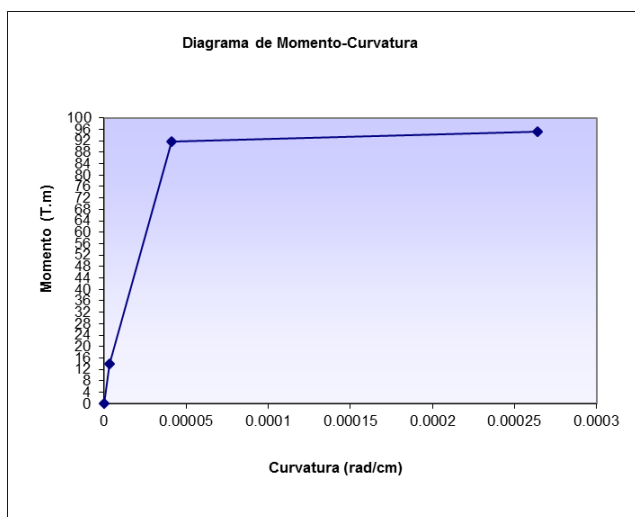
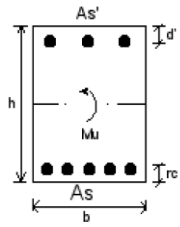


Figura 50: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-1C4NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 16 y Figura 50: En el Pórtico **PLF-1C4NS2** para la viga V1-30x80 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000264 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000410 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu=6.44$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 2 CRUJÍA, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-2C4NS2)

V1a-30x60

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	60	As(cm2)=	14.18
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	55	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 41 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 17: Momento-curvatura del pórtico PLF-2C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	4.51E-06	6.52
Cedencia	5.24E-05	29.49
Última	3.59E-04	30.33

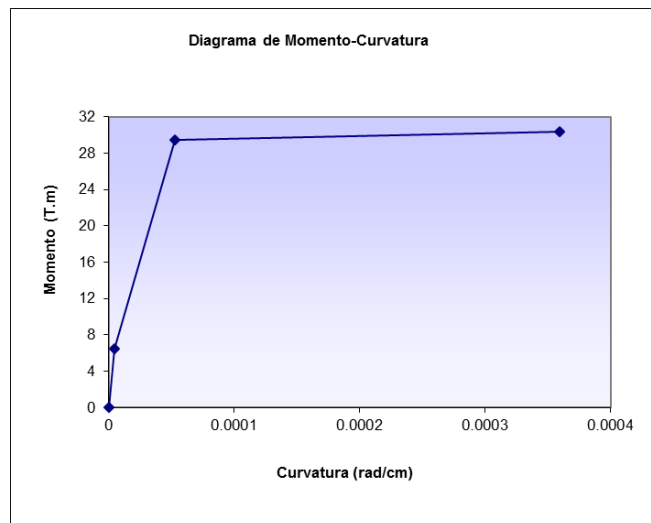
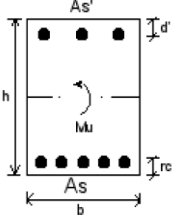


Figura 51: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-2C4NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 17 y Figura 51: En el Pórtico **PLF-2C4NS2** para la viga V1a-30x60 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000359 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000524 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 6.86$.

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 3 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-2C4NS2)

V1b-30x45

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	45	As(cm²)=	10.8
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	40	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm²)=	5.97

Asb= 56 cm² OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 18: Momento-curvatura del pórtico PLF-3C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.36E-06	10.70
Cedencia	3.54E-05	31.30
Última	4.09E-04	32.38

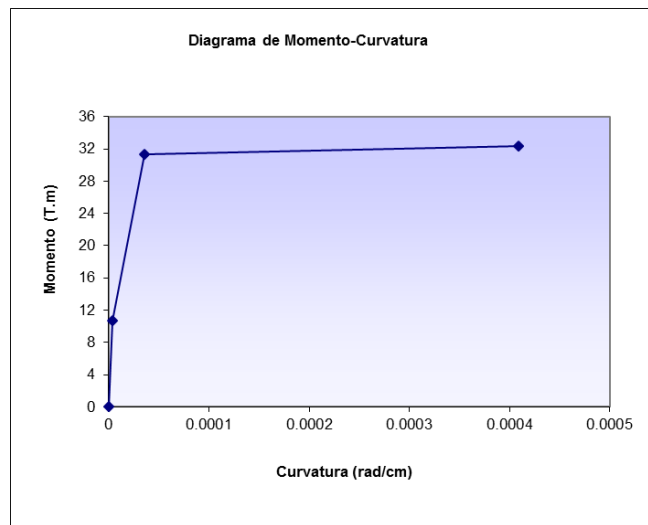


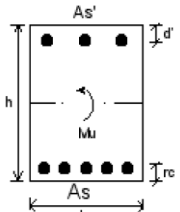
Figura 52: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-3C4NS2

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 18 y Figura 52: En el Pórtico **PLF-3C4NS2** para la viga V1b-30x45 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000409 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000354 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 11.57$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 4 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-4C4NS2)

V1b-30x40

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	40	As(cm2)=	8.55
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	35	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	5.97

Asb= 26 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 19: Momento-curvatura del pórtico PLF-4C4NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	6.71E-06	2.76
Cedencia	8.19E-05	11.22
Última	4.80E-04	11.44

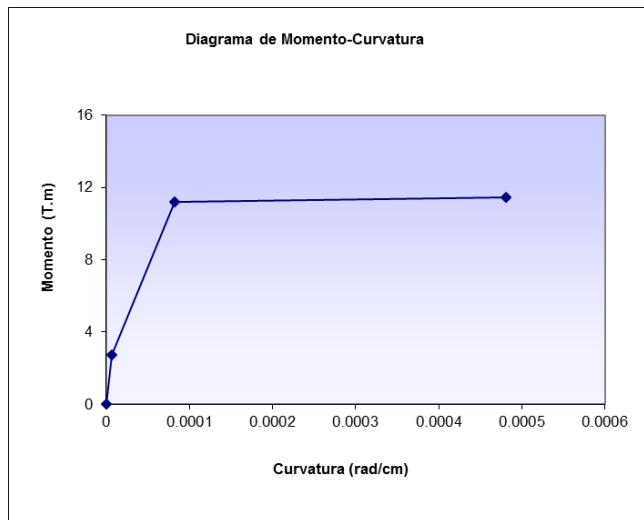


Figura 53: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-4C4NS2

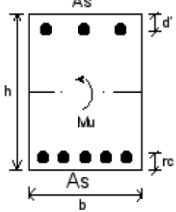
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 19 y Figura 53: En el Pórtico **PLF-4C4NS2** para la viga V1b-30x40 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000480 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000819 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 5.86$

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 1 CRUJÍA, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-1C8NS2)

V1-30x70

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	70	As(cm2)=	15.30
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	65	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 49 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 20: Momento-curvatura del pórtico PLV-1C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.87E-06	8.81
Cedencia	4.37E-05	37.80
Última	3.36E-04	39.05

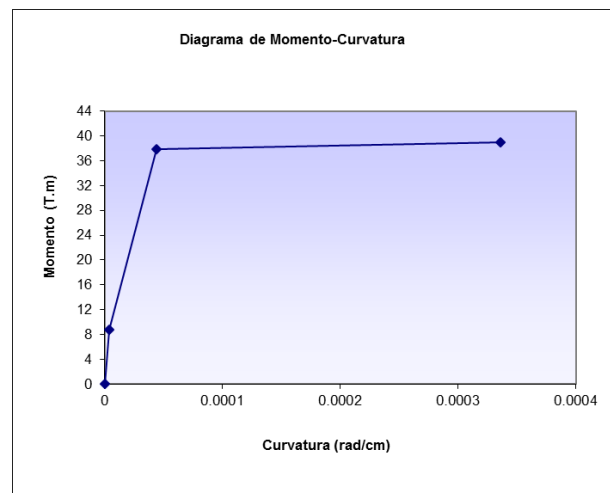


Figura 54: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-1C8NS2

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 20 y Figura 54: En el Pórtico **PLV-1C8NS2** para la viga V1-30x70 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000336 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000437 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 7.69$

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 2 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-2C8NS2)

V1a-30x70

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	70	As(cm²)=	14.82
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	65	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm²)=	8.52

Asb= 49 cm² OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 21: Momento-curvatura del pórtico PLV-2C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.86E-06	8.76
Cedencia	4.35E-05	36.67
Última	3.46E-04	37.86

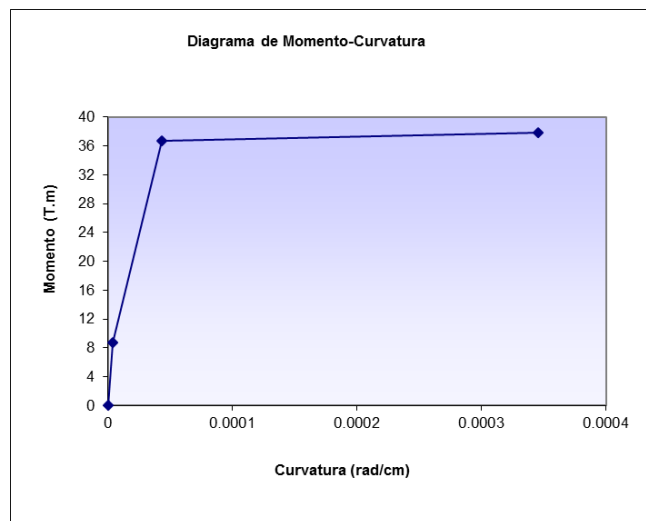


Figura 55: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-2C8NS2

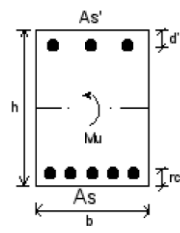
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 21 y Figura 55: En el Pórtico **PLV-2C8NS2** para la viga V1a-30x70 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000346 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000435 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 7.96$

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 3 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-3C8NS2)

V1-30x70

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	70	$A_s(\text{cm}^2)=$	16.52
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	65	$\beta_1=$	0.85
			$A_s'(\text{cm}^2)=$	8.52

$A_{sb} = 49 \text{ cm}^2$ OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 22: Momento-curvatura del pórtico PLV-3C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.88E-06	8.92
Cedencia	4.43E-05	40.69
Última	3.13E-04	42.03

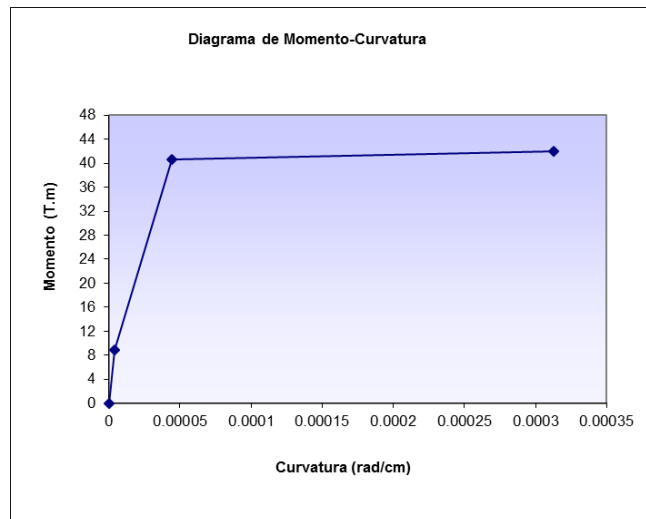


Figura 56: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-3C8NS2

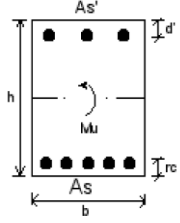
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 22 y Figura 56: En el Pórtico **PLV-3C8NS2** para la viga V1-30x70 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000313 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000443 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 7.05$

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 4 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2

V2-30x70

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	70	As(cm2)=	17.55
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	65	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 49 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 23: Momento-curvatura del pórtico PLV-4C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.90E-06	9.01
Cedencia	4.49E-05	43.12
Última	2.94E-04	44.54

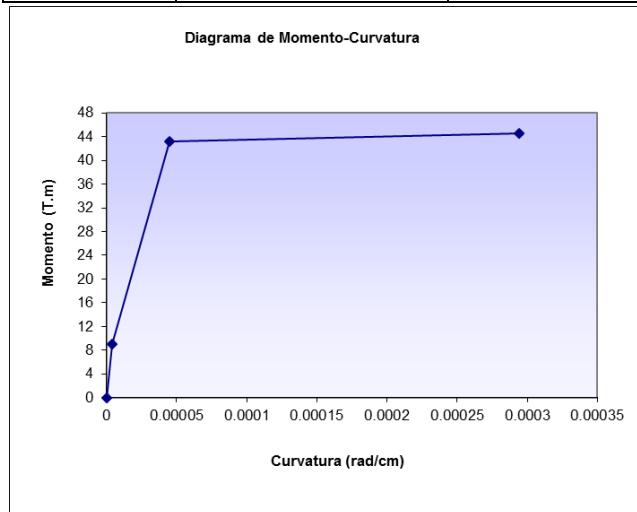


Figura 57: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLV-4C8NS2

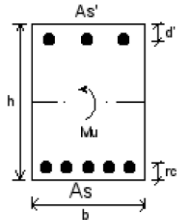
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 23 y Figura 57: En el Pórtico **PLV-4C8NS2** para la viga V2-30x70 del segundo nivel se obtiene una curvatura última de 0.000294 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000449 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 6.56$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 1 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-1C8NS2)

V1-30x105

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	105	As(cm2)=	32.34
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	100	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	23.82

Asb= 75 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 24: Momento-curvatura del pórtico PLF-1C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	2.57E-06	22.38
Cedencia	2.93E-05	123.65
Última	2.64E-04	129.12

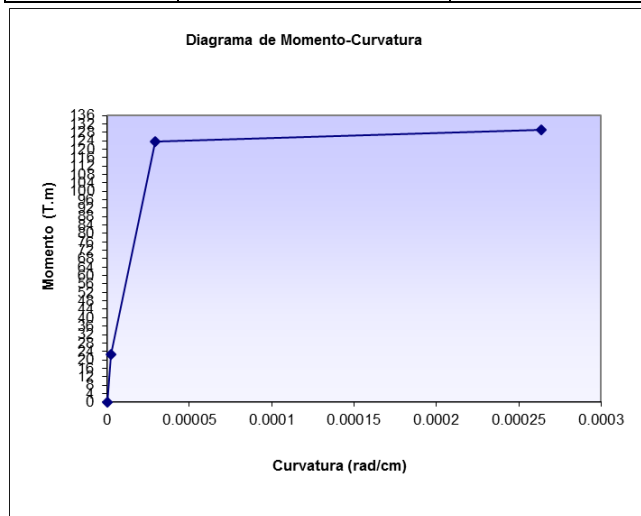
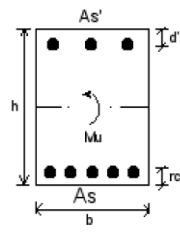


Figura 58: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-1C8NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 24 y Figura 58: En el Pórtico **PLF-1C8NS2** para la viga V1-30x105 del primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000264 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000293 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 9.01$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 2 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-2C8NS2)

V1a-30x70

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	70	As(cm2)=	14.82
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	65	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	8.52

Asb= 49 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 25: Momento-curvatura del pórtico PLF-2C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	3.86E-06	8.76
Cedencia	4.35E-05	36.67
Última	3.46E-04	37.86

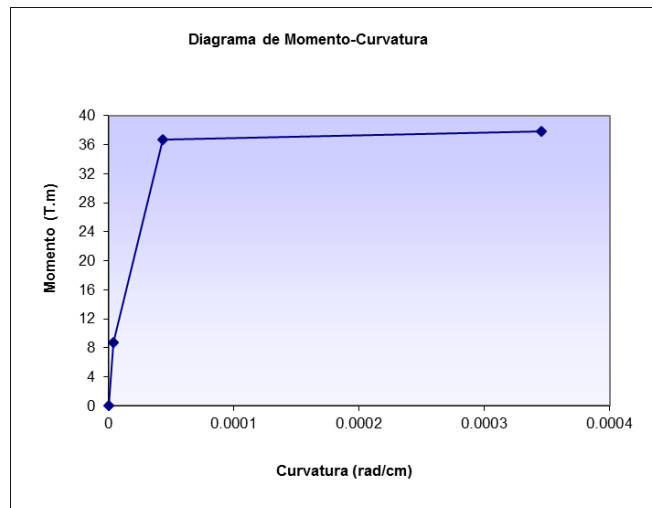
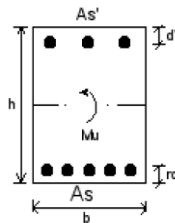


Figura 59: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-2C8NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 25 y Figura 59: En el Pórtico **PLF-2C8NS2** para la viga V1a-30x70 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000346 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000435 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 7.96$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 3 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-3C8NS2)

V1b-30x55

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)				
				
	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	55	As(cm2)=	12.50
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	50	$\beta_1=$	0.85
		As'(cm2)=	7.67	

Asb= 38 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 26: Momento-curvatura del pórtico PLF-3C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	4.91E-06	5.40
Cedencia	5.74E-05	23.61
Última	3.87E-04	24.23

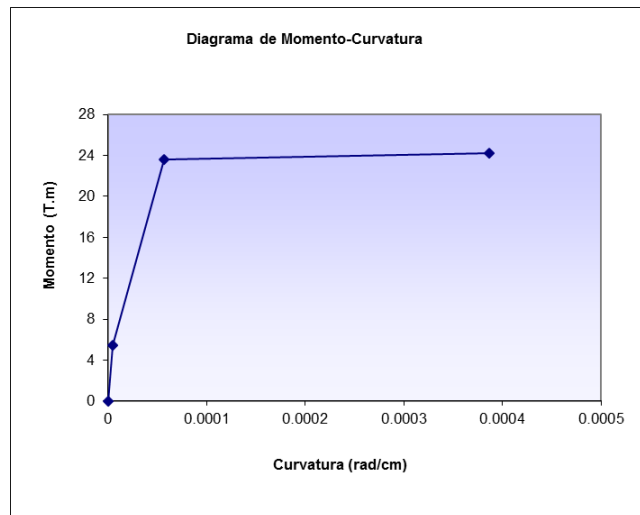


Figura 60: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-3C8NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 26 y Figura 60: En el Pórtico **PLF-3C8NS2** para la viga V1b-30x55 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000387 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000574 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 6.74$

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 4 CRUJÍAS, 8 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-4C8NS2)

V1b-30x50

Cálculo de ductilidad de secciones a flexión (Por el Ing. Eliud Hernández)

	DATOS GEOMETRICOS		DATOS PARTICULARES	
	b(cm)=	30	$\epsilon_{cu}(\text{rad})=$	0.003
	h(cm)=	50	As(cm2)=	10.95
	d'(cm)=	5	$\epsilon_y(\text{rad})=$	0.0020
	d(cm)=	45	$\beta_1=$	0.85
			As'(cm2)=	7.67

Asb= 34 cm2 OK, SECCION SUB-REFORZADA

Tabla 27: Momento-curvatura del pórtico PLF-4C8NS2

Tabla de Momento Curvatura		
Condición	Curvatura (Rad/cm)	Momento (T-m)
Inicial	0	0
Agrietamiento	5.37E-06	4.42
Cedencia	6.33E-05	18.59
Última	4.26E-04	19.04

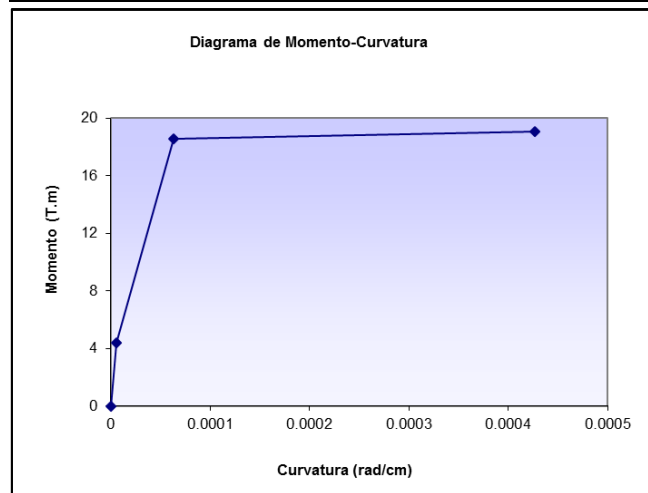


Figura 61: Diagrama de momento-curvatura del pórtico PLF-4C8NS2
Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 27 y Figura 61: En el Pórtico **PLF-4C8NS2** para la viga V1b-30x50 del Primer nivel se obtiene una curvatura última de 0.000426 rad/cm. y la curvatura cedente es de 0.0000633 rad/cm. por lo tanto la ductilidad de la viga $\mu = 6.74$

3.2.2.2. Ductilidad por Flexo compresión (Columnas)

Se han obtenido del diagrama Momento - Rotación, de una rótula específica, se tomará la evaluación de una columna del primer nivel del pórtico. Los resultados son obtenidos del Etabs.

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 1 CRUJÍA, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-1C4NS2)

Hinge Response - C1-60X60 (Auto P-M3)

Datos generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

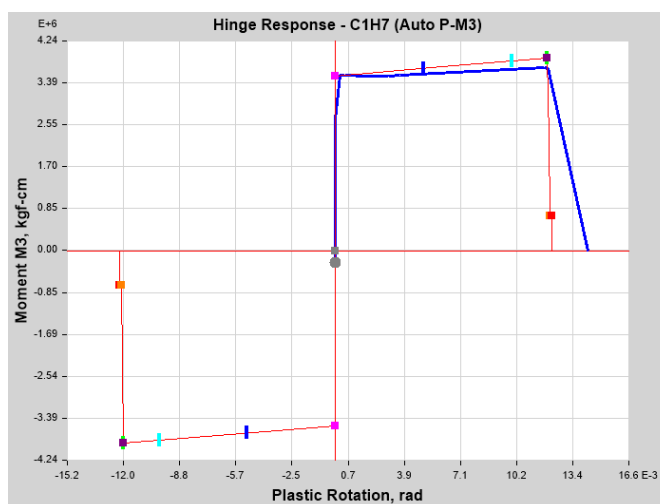


Tabla 28: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLV-1C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	Cm	kgf	rad	rad	rad		
6	-23949.63	0	0	0	3541637.9	0.003623	0.003623	0	B to <=C	A to <=IO
7	-23212.87	0	0	0	3623945.55	0.007709	0.007709	0	B to <=C	IO to <=LS
8	-22475.7	0	0	0	3706634.13	0.011812	0.011812	0	B to <=C	LS to <=CP
9	-22444.2	0	0	0	3694305.97	0.01201	0.01201	0	C to <=D	>CP
10	-45241.48	0	0	0	0	0.014282	0.014282	0	>E	>CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 28: En el Pórtico **PLV-1C4NS2** para la Columna C1-60x60 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.014282 rad. en el paso 10, la rotación cedente es de 0.003623 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 3.94

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 2 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-2C4NS2)

Hinge Response - C1-60X60 (Auto M3)

Datos generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

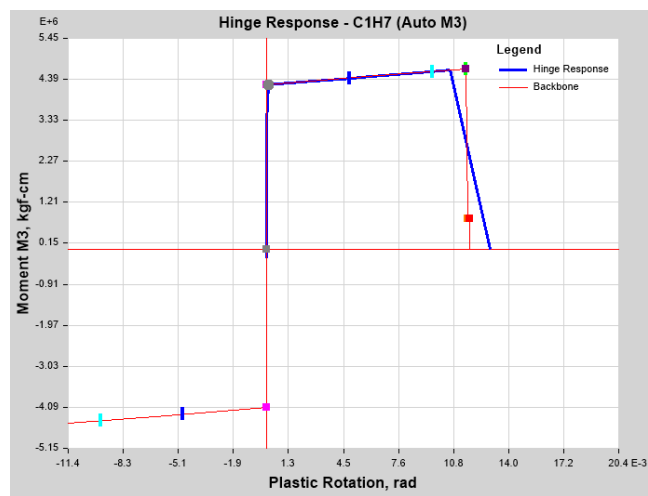


Tabla 29: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLV-2C4NS2

Step	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	Rad	rad	rad		
9	4637604.22	0.010597	0.010597	0	B to <=C	LS to <=CP
12	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
13	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
14	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
15	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
16	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
17	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
18	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
19	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP
20	0	0.012924	0.012924	0	>E	>CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 29: En el Pórtico **PLV-2C4NS2** para la Columna C1-60x60 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.012924 rad. en el paso 20, la rotación cedente es de 0.004987 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 2.59

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 3 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-3C4NS2)

Hinge Response - C1-30X60 (Auto P-M3)

Datos generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

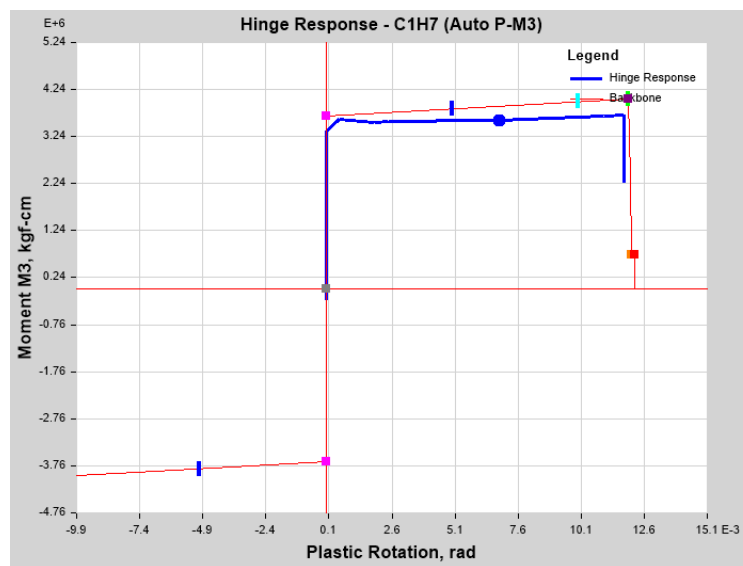


Tabla 30: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLV-3C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	cm	kgf	rad	rad	rad		
3	-26135.21	0	0	0	3549906.42	0.001913	0.001913	0	B to <=C	A to <=IO
4	-25630.43	0	0	0	3551773.48	0.002464	0.002464	0	B to <=C	A to <=IO
5	-23040.16	0	0	0	3585288.43	0.006277	0.006277	0	B to <=C	IO to <=LS
6	-22659.74	0	0	0	3590926.81	0.006866	0.006866	0	B to <=C	IO to <=LS
7	-21953.41	0	0	0	3674942.79	0.010995	0.010995	0	B to <=C	LS to <=CP
8	-21815.13	0	0	0	3691082.27	0.011806	0.011806	0	B to <=C	LS to <=CP
9	-34737.03	0	0	0	2240285.68	0.011806	0.011806	0	B to <=C	LS to <=CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 30: En el Pórtico **PLV-3C4NS2** para la Columna C1-60x60 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.011806 rad. en el paso 9, la rotación cedente es de 0.002464 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 4.79

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 4 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-4C4NS2)

Hinge Response – C1-60X60 (Auto P-M3)

Datos generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C5H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C5	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

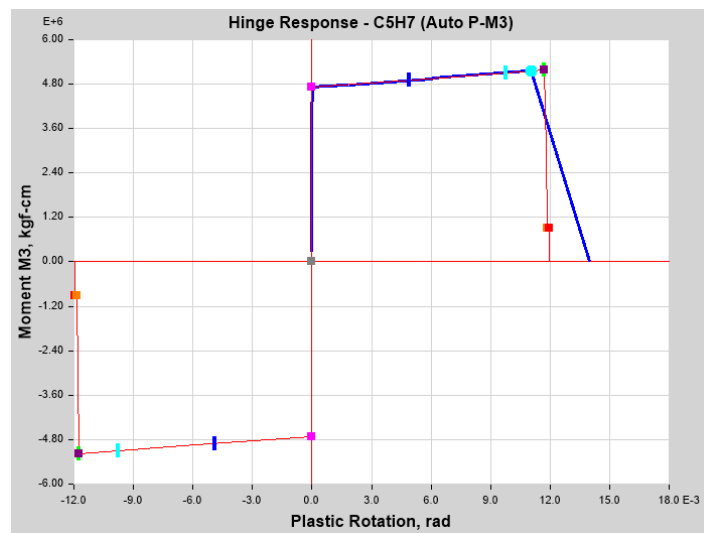


Tabla 31: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLV-4C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	Cm	kgf	rad	rad	rad		
7	-96277.73	0	0	0	4979597.64	0.0067	0.0067	0	B to <=C	IO to <=LS
8	-96998.87	0	0	0	5143718.26	0.010784	0.010784	0	B to <=C	LS to <=CP
9	-97042.32	0	0	0	5153683.67	0.011032	0.011032	0	B to <=C	LS to <=CP
10	-97042.51	0	0	0	5153714.8	0.011033	0.011033	0	B to <=C	LS to <=CP
11	-90168.22	0	0	0	0	0.014008	0.014008	0	>E	>CP
12	-93559.52	0	0	0	0	0.014008	0.014008	0	>E	>CP
13	-94335.79	0	0	0	0	0.014008	0.014008	0	>E	>CP
14	-95018.84	0	0	0	0	0.014008	0.014008	0	>E	>CP
15	-85242.4	0	0	0	0	0.014008	0.014008	0	>E	>CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 31: En el Pórtico **PLV-4C4NS2** para la Columna C1-60x60 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.014008 rad. en el paso 15, la rotación cedente es de 0.0067 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 2.09

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 1 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-1C4NS2)

Hinge Response - C1-80x80 (Auto P-M3)

Datos generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

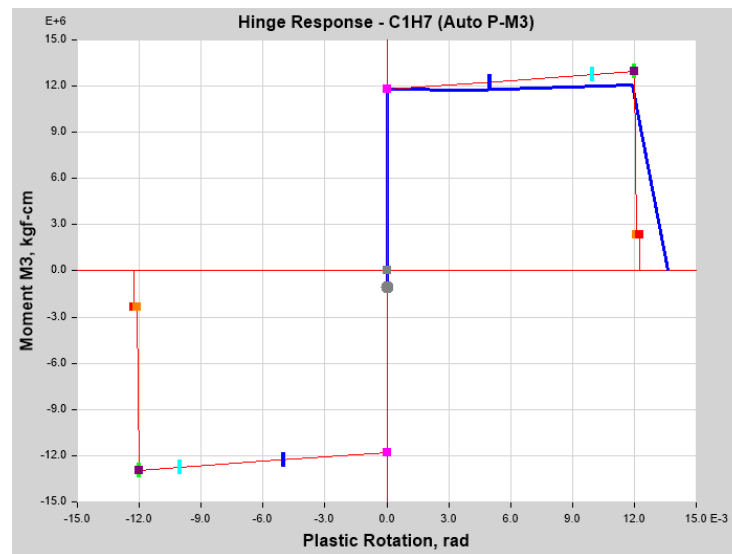


Tabla 32: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLF-1C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	Cm	kgf	rad	rad	rad		
0	-121935.58	0	0	0	-1026559.46	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
1	-105891.54	0	0	0	6282113.98	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
2	-95008.26	0	0	0	11779961.33	0	0	0	B to <=C	A to <=IO
3	-80908.63	0	0	0	11758518.98	0.004154	0.004154	0	B to <=C	A to <=IO
4	-69072.17	0	0	0	12067856.22	0.0119	0.0119	0	C to <=D	LS to <=CP
5	-74062.94	0	0	0	0	0.01365	0.01365	0	>E	>CP
6	-65886.39	0	0	0	0	0.01365	0.01365	0	>E	>CP
7	-62776.4	0	0	0	0	0.01365	0.01365	0	>E	>CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 32: En el Pórtico **PLF-1C4NS2** para la Columna C1-80x80 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.01365 rad. en el paso 7, la rotación cedente es de 0.004154 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 3.29

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 2 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-2C4NS2)

Hinge Response - C1-60x60 (Auto P-M3)

Datos Generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

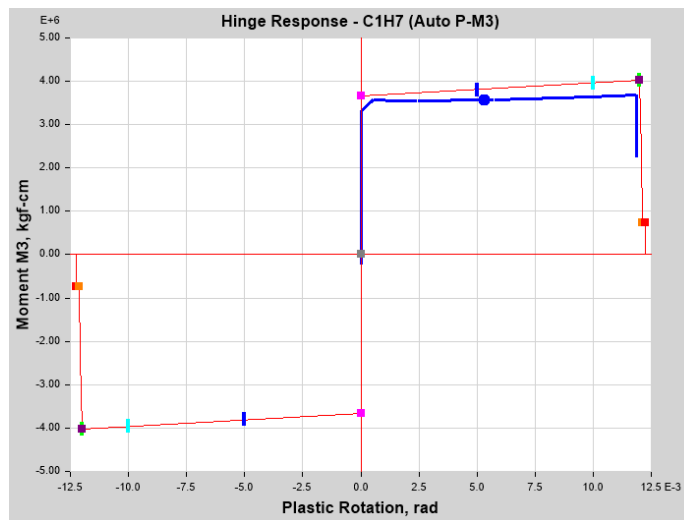


Tabla 33: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLF-2C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	Cm	kgf	rad	rad	rad		
0	-59962.16	0	0	0	-247780.99	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
1	-35299.06	0	0	0	3311231.29	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
2	-28886.24	0	0	0	3578517.29	0.000512	0.000512	0	B to <=C	A to <=IO
3	-26026.29	0	0	0	3539541.13	0.001588	0.001588	0	B to <=C	A to <=IO
4	-25138.29	0	0	0	3539792.25	0.002431	0.002431	0	B to <=C	A to <=IO
5	-23043.39	0	0	0	3562144.66	0.005319	0.005319	0	B to <=C	IO to <=LS
6	-22784.92	0	0	0	3566482.92	0.00574	0.00574	0	B to <=C	IO to <=LS
7	-22050.02	0	0	0	3649589.34	0.009858	0.009858	0	B to <=C	IO to <=LS
8	-21695.38	0	0	0	3689312.33	0.011853	0.011853	0	B to <=C	LS to <=CP
9	-36069.37	0	0	0	2228781.15	0.011853	0.011853	0	B to <=C	LS to <=CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 33: En el Pórtico **PLF-2C4NS2** para la Columna C1-60x60 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.011853 rad. en el paso 9, la rotación cedente es de 0.00574 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 2.06

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 3 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-3C4NS2)

Hinge Response - C1-50x50 (Auto P-M3)

Datos Generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

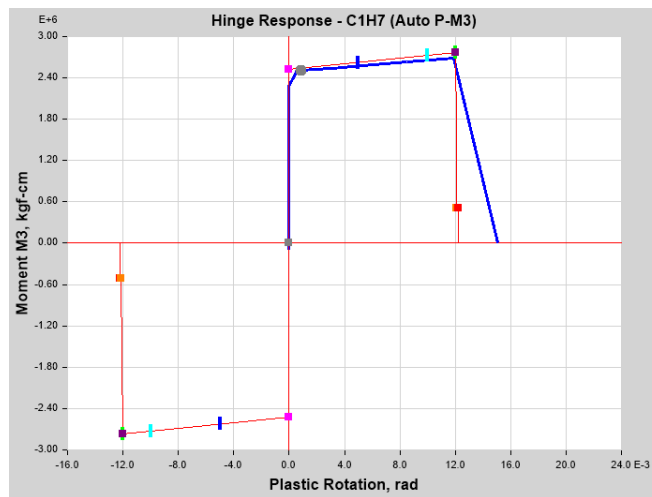


Tabla 34: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLF-3C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	Cm	kgf	rad	rad	rad		
0	-39418.31	0	0	0	-106101.69	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
1	-15214.62	0	0	0	2020989.27	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
2	-13119.08	0	0	0	2279366.6	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
3	-10770.43	0	0	0	2512860.01	0.000565	0.000565	0	B to <=C	A to <=IO
4	-10491.77	0	0	0	2513732.58	0.000835	0.000835	0	B to <=C	A to <=IO
5	-9310.62	0	0	0	2555998.67	0.003967	0.003967	0	B to <=C	A to <=IO
6	-9248.52	0	0	0	2564303.59	0.004444	0.004444	0	B to <=C	A to <=IO
7	-8650.4	0	0	0	2633254.08	0.008476	0.008476	0	B to <=C	IO to <=LS
8	-8145.32	0	0	0	2692167.03	0.011899	0.011899	0	C to <=D	LS to <=CP
9	-24935.34	0	0	0	0	0.015084	0.015084	0	>E	>CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 34: En el Pórtico **PLF-3C4NS2** para la Columna C1-50x50 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.015084 rad. en el paso 9, la rotación cedente es de 0.003967 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 3.80.

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 4 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-4C4NS2)

Hinge Response - C1-40x40 (Auto P-M3)

Datos Generales

Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Hinge	C1H7 (Auto P-M3)
Story	Story1	Hinge DOF	M3
Column	C1	Hinge Rel. Dist.	0.05

Hinge Response Plot

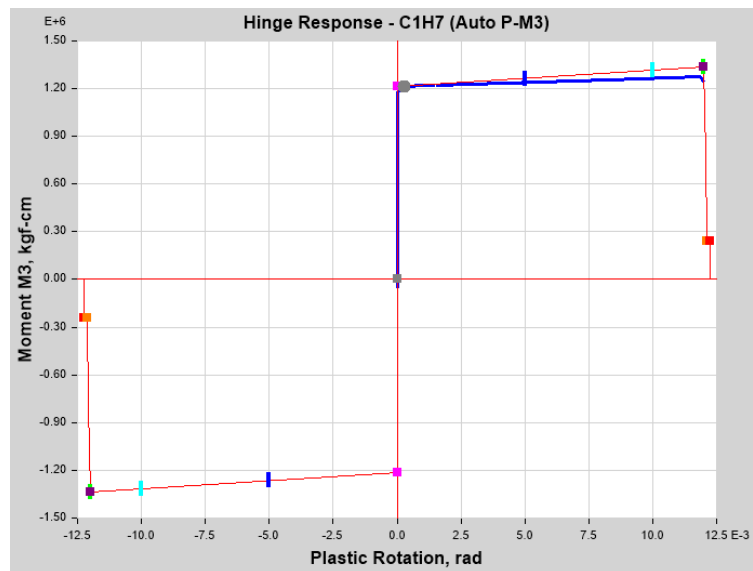


Tabla 35: Respuesta de rótula plástica del pórtico PLF-4C4NS2

Step	P	U1	U1 Max	U1 Min	M3	R3	R3 Max	R3 Min	State	Status
	kgf	cm	cm	Cm	kgf	rad	rad	rad		
0	-28370.67	0	0	0	-55154.72	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
1	-8076.38	0	0	0	974814.71	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
2	-3703.43	0	0	0	1178308.46	0	0	0	A to <=B	A to <=IO
3	-2629.94	0	0	0	1216976.41	0.000279	0.000279	0	B to <=C	A to <=IO
4	-1828.82	0	0	0	1218361.84	0.001115	0.001115	0	B to <=C	A to <=IO
5	-1633.28	0	0	0	1219604.22	0.001503	0.001503	0	B to <=C	A to <=IO
6	670.07	0	0	0	1255744.86	0.008253	0.008253	0	B to <=C	IO to <=LS
7	1654.55	0	0	0	1278849.24	0.011882	0.011882	0	C to <=D	LS to <=CP
8	1548.68	0	0	0	1239544.17	0.012006	0.012006	0	C to <=D	>CP

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 35: En el Pórtico **PLF-4C4NS2** para la Columna C1-40x40 del primer nivel se obtiene una rotación máxima de 0.012006 rad. en el paso 8, la rotación cedente es de 0.001503 rad. por lo tanto, la ductilidad de la columna es de 7.99.

3.2.2.3. Ductilidad del Sistema (Pórtico)

Se han obtenido de la curva de capacidad, mediante el análisis estático no lineal de carga incremental (Pushover) Por el método de los coeficientes (ASCE 41-13) y el Espectro Capacidad (FEMA 440), con el programa Etabs.

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 1 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-1C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

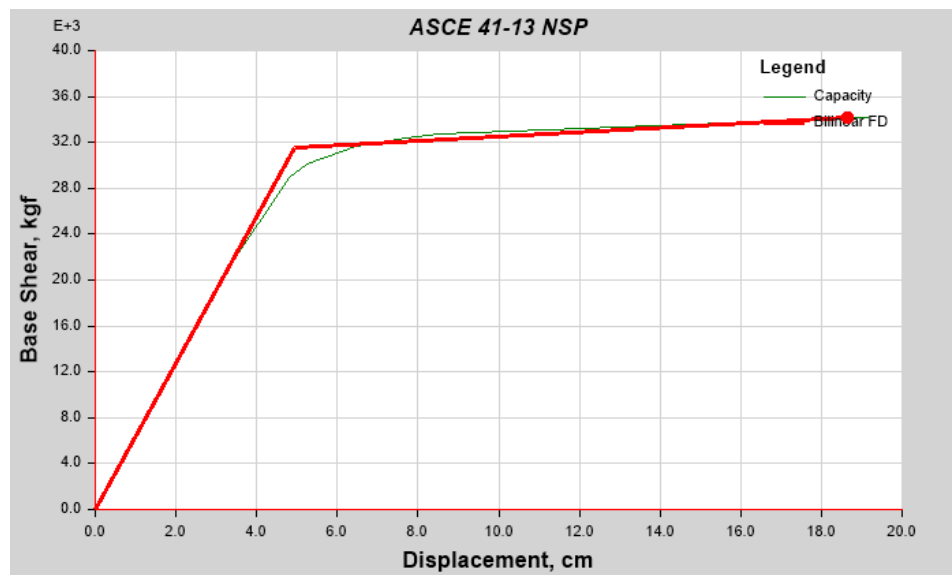
Datos generales

Name	PLV-1C4NS2		
Load Case	PUSHOVER MODO 1	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	0.44 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	18.6338 cm	Shear	34124.25 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.083631	Sa	0.775535 g
C1	1.061477	Alpha	0.029953
C2	1	uStrength	4.085062
Ti	0.915 sec	Dy	4.9339 cm
Te	0.915 sec	Vy	31504.04 kgf
Ki	6385.22 kgf/cm	Weight	165944.67 kgf

Tabla 36: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLV-1C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
-3.3432	21346.91
-4.8043	28937.15
-5.2446	30165.9
-6.4599	31624.52
-7.7009	32389.23
-8.499	32692.95
-13.8323	33448.37
-19.1656	34199.12
-16.0991	10739.06

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 36: En el Pórtico **PLV-1C4NS2** el punto de desempeño es de 18.6338 cm, el desplazamiento último es de 18.63 cm y el desplazamiento cedente es de 4.9339 por lo tanto la ductilidad del sistema es de 3.88 cm según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

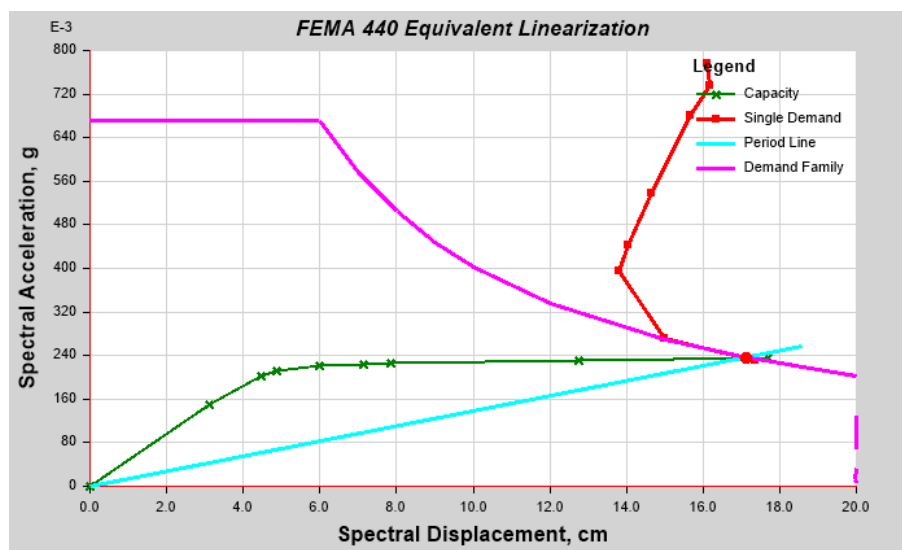
Datos generales

Name	PLV-1C4NS2		
Load Case	PUSHOVER MODO 1	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	Yes	T secant	1.709 sec
Shear	34114.47 kgf	T effective	1.572 sec
Displacement	-18.5643 cm	Ductility Ratio	3.777817
Sa	0.235623	Effective Damping	0.1886
Sd	17.1314 cm	Modification Factor	0.845963

Tabla 37: Desempeño por el método del espectro capacidad PLV-1C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
0	0	0.915
3.1052	0.149462	0.915
4.4608	0.203164	0.94
4.8689	0.211877	0.962
5.9866	0.220257	1.046
7.1291	0.223987	1.132
7.8647	0.225646	1.185
12.7745	0.230974	1.492
17.685	0.236214	1.736

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 37: En el Pórtico **PLV-1C4NS2** el punto de desempeño es de 18.56cm y la ductilidad del sistema es de 3.78 según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 2 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-2C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

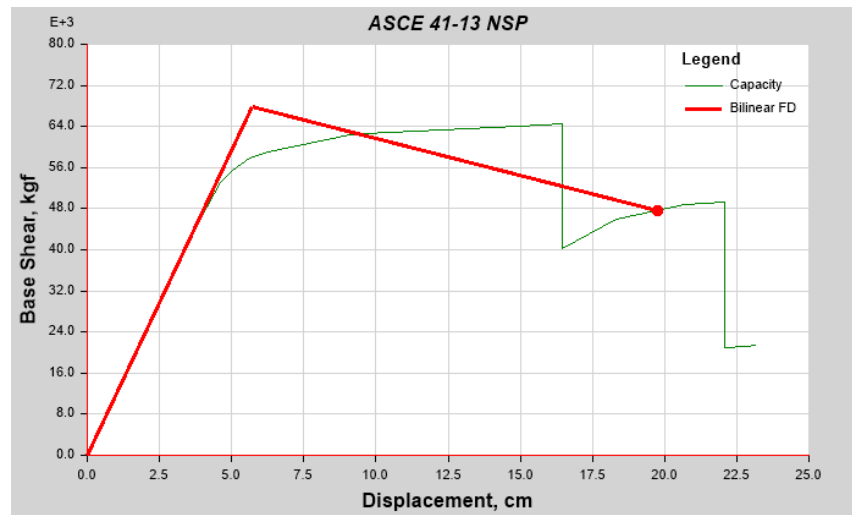
Datos generales

Name	PLV-2C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	19.7461 cm	Shear	47601.12 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.093283	Sa	0.731006 g
C1	1.048033	Alpha	-0.122035
C2	1	uStrength	3.718104
Ti	0.971 sec	Dy	5.7173 cm
Te	0.971 sec	Vy	67947.31 kgf

Tabla 38: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLV-2C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
3.7123	44118.07
4.6122	53145.9
5.0149	55574.29
5.6074	57743.81
6.2648	59052.89
9.1131	62284.53
9.5923	62547
14.9256	63992.15
16.4587	64407.36
16.4595	40209.5
18.3349	45838.18
20.6793	48766.96
22.0649	49347.89
22.0657	41594.19
22.0665	20890.24
22.7904	21257.36
23.1524	21321.25
23.1525	21321.33
23.1525	21321.33
23.1539	21323.44

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 38: En el Pórtico **PLV-2C4NS2** el punto de desempeño es de 19.7461 cm, el desplazamiento último es de 19.75 cm y el desplazamiento cedente es de 5.7173 cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 3.45 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

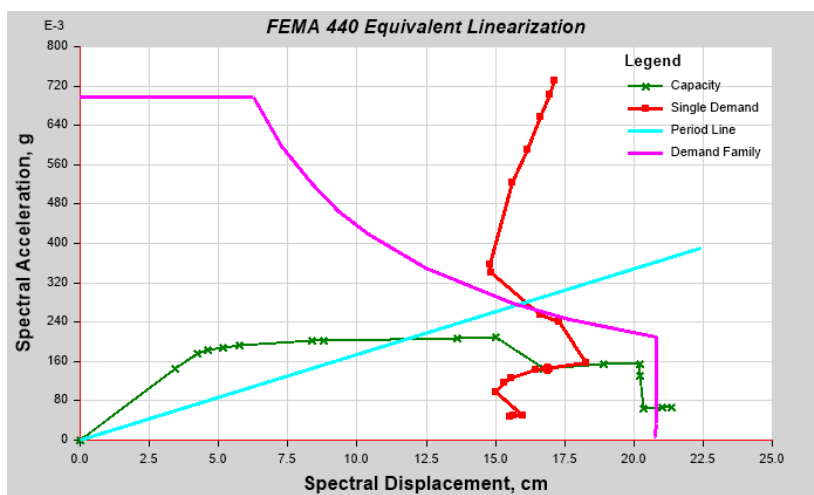
Datos generales

Name	PLV-2C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	Yes	T secant	2.155 sec
Shear	45989.91 kgf	T effective	1.479 sec
Displacement	18.4564 cm	Ductility Ratio	3.083449
Sa	0.146097	Effective Damping	0.1626
Sd	16.8656 cm	Modification Factor	0.64

Tabla 39: Desempeño por el método del espectro capacidad PLV-2C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
8.799	0.202259	1.323
13.6413	0.208252	1.624
15.034	0.209838	1.698
16.7529	0.145656	2.152
18.928	0.154178	2.223
20.2222	0.155472	2.288
20.2386	0.130709	2.497
20.3371	0.065037	3.548
21.023	0.066083	3.579
21.3664	0.066234	3.604
21.3665	0.066234	3.604
21.3665	0.066234	3.604
21.3679	0.066241	3.604

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 39: En el Pórtico **PLV-2C4NS2** el punto de desempeño es de 18.4564 cm y la ductilidad del sistema es de 3.08 según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 3 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-3C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

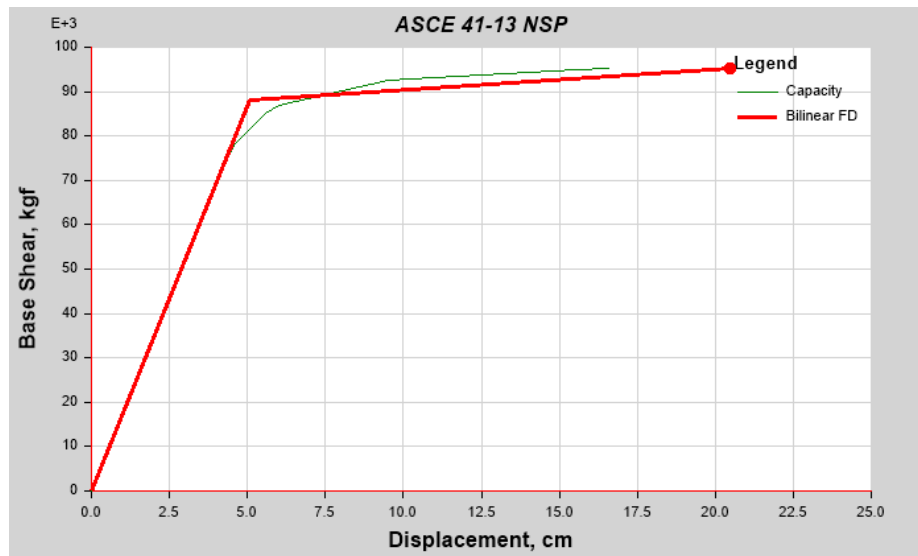
Datos generales

Name	PLV-3C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	20.4621 cm	Shear	95258.53 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.098447	Sa	0.712941 g
C1	1.054778	Alpha	0.026598
C2	1	uStrength	4.248159
Ti	0.994 sec	Dy	5.0751 cm

Te	0.994 sec	Vy	88149.98 kgf
Ki	17369.19 kgf/cm	Weight	525253.72 kgf

Tabla 40: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLV-3C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
3.6119	62736.24
4.5564	78080.4
5.5638	85116.35
6.0278	86945
9.5104	92506.43
10.1957	92949.42
15.529	94884.91
16.5745	95258.53
14.7051	60658.56

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 40: En el Pórtico **PLV-3C4NS2** el punto de desempeño no cumple pues la estructura falla ante la demanda, el desplazamiento último es de 16.57 cm y el desplazamiento cedente es de 5.08 cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 3.17 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

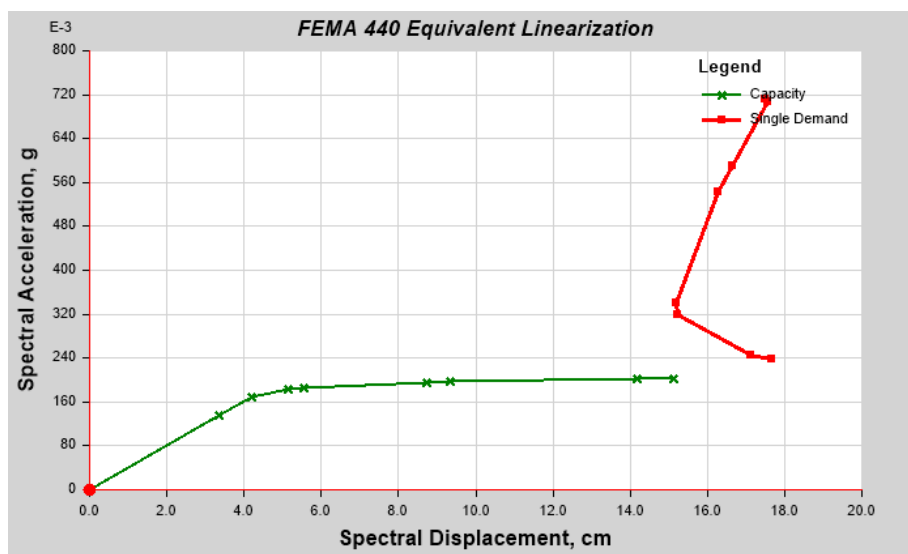
Datos generales

Name	PLV-3C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	No	T secant	0 sec
Shear	0 kgf	T effective	0 sec
Displacement	0 cm	Ductility Ratio	0
Sa	0	Effective Damping	0
Sd	0 cm	Modification Factor	0

Tabla 41: Desempeño por el método del espectro capacidad PLV-3C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
0	0	0.994
3.3404	0.136067	0.994
4.2092	0.169246	1.001
5.1307	0.182385	1.064
5.5549	0.185701	1.097
8.7351	0.195469	1.341
9.3553	0.196532	1.384
14.1762	0.202027	1.681
15.1218	0.203	1.732

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 41: En el Pórtico **PLV-3C4NS2** el punto de desempeño no cumple pues la estructura falla ante la demanda y no puede determinarse la ductilidad según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD VARIABLE DE 4 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLV-4C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

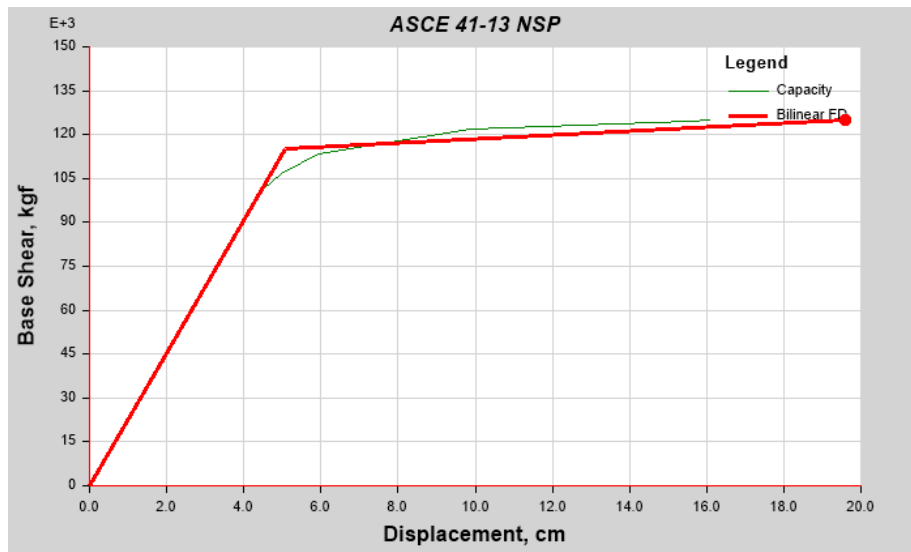
Datos generales

Name	PLV-4C4NS2		
Load Case	PUSHOVER MODO 1	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	19.5964 cm	Shear	124988.75 kgf
--------------	------------	-------	---------------

Calculated Parameters

C0	1.100902	Sa	0.705358 g
C1	1	Alpha	0.030473
C2	1	uStrength	4.324376
Ti	1.005 sec	Dy	5.0809 cm

Te	1.005 sec	Vy	114978.99 kgf
Ki	22629.52 kgf/cm	Weight	704908.24 kgf
Ke	22629.52 kgf/cm	Cm	1

Tabla 42: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLV-4C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
-3.9485	89353.79
-4.5108	101318.74
-4.9623	106612.96
-5.9356	113188.29
-9.8774	121665.96
-15.5318	124715.99
-16.0807	124988.75
-13.8236	67534.31

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 42: En el Pórtico **PLV-4C4NS2** el punto de desempeño no cumple pues la estructura falla ante la demanda, el desplazamiento último es de 16.08 cm y el desplazamiento cedente es de 5.08 cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 3.17 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

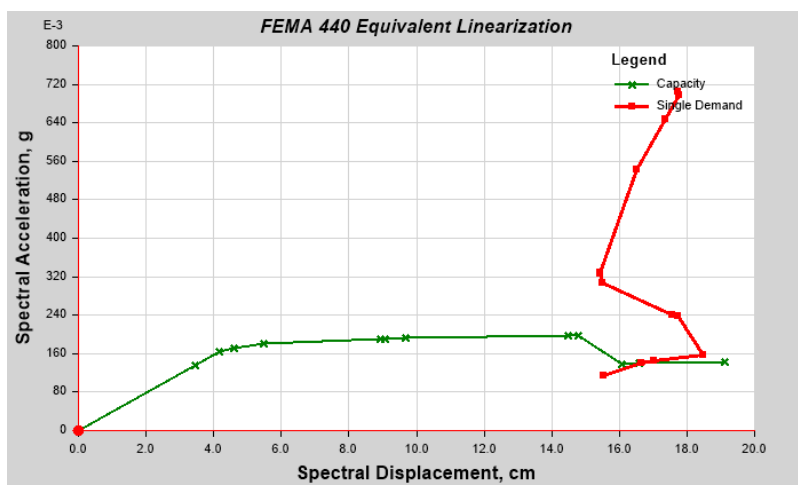
Datos generales

Name	PLV-4C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	No	T secant	0 sec
Shear	0 kgf	T effective	0 sec
Displacement	0 cm	Ductility Ratio	0
Sa	0	Effective Damping	0
Sd	0 cm	Modification Factor	0

Tabla 43: Desempeño por el método del espectro capacidad PLV-4C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
4.5932	0.171474	1.038
5.4945	0.180353	1.107
8.9392	0.190919	1.373
9.0535	0.191181	1.381
9.6876	0.192191	1.424
14.4987	0.197543	1.719
14.7897	0.197841	1.735
14.7909	0.197844	1.735
16.0644	0.137583	2.168
16.5685	0.139707	2.185
19.1267	0.14188	2.33

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 43: En el Pórtico **PLV-4C4NS2** el punto de desempeño no cumple pues la estructura falla ante la demanda y no puede determinarse la ductilidad según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 1 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-1C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

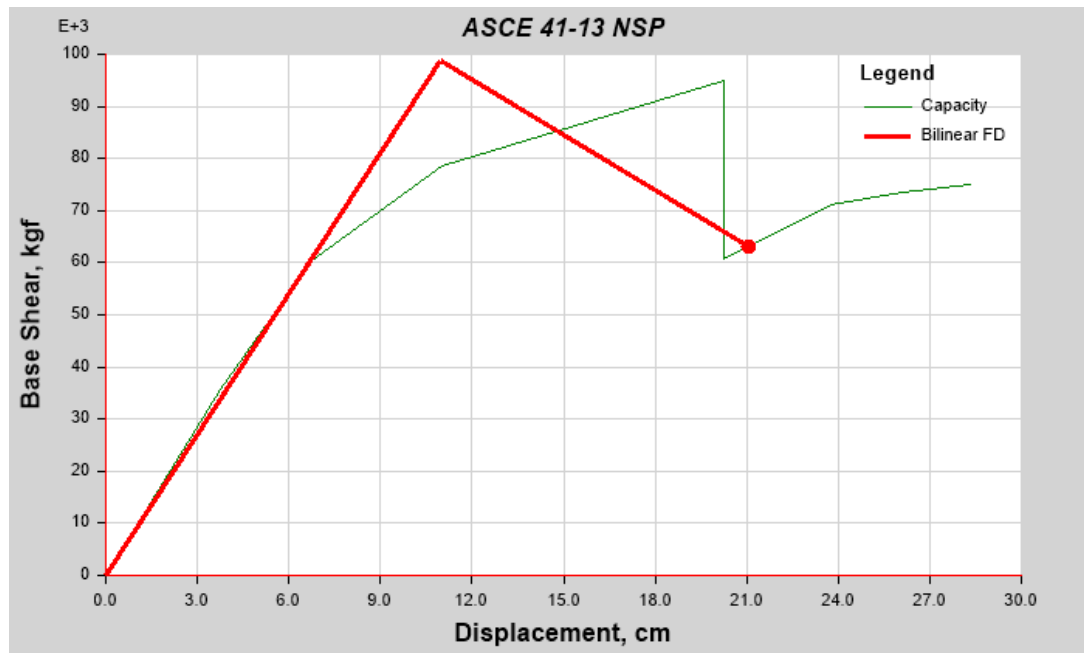
Datos Generales

Name	PLF-1C4NS2		
Load Case	PUSHOVER MODO 1	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	21.0572 cm	Shear	63193.45 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.085386	Sa	0.657987 g
C1	1	Alpha	-0.391167

C2	1	uStrength	2.234754
Ti	1.051 sec	Dy	10.9683 cm
Te	1.085 sec	Vy	98709.99 kgf
Ki	9596.2 kgf/cm	Weight	335253.72 kgf
Ke	8999.58 kgf/cm	Cm	1

Tabla 44: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLF-1C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
3.7337	35829.41
6.7384	60343.07
11.0147	78436.6
20.2302	94901.15
20.231	60723.94
23.7535	71252.14
26.1018	73542.85
28.3033	74939.62

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 44: En el Pórtico **PLF-1C4NS2** el punto de desempeño 21.0572 cm, el desplazamiento último es de 20.23 cm y el desplazamiento cedente es de 10.97cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 1.84 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

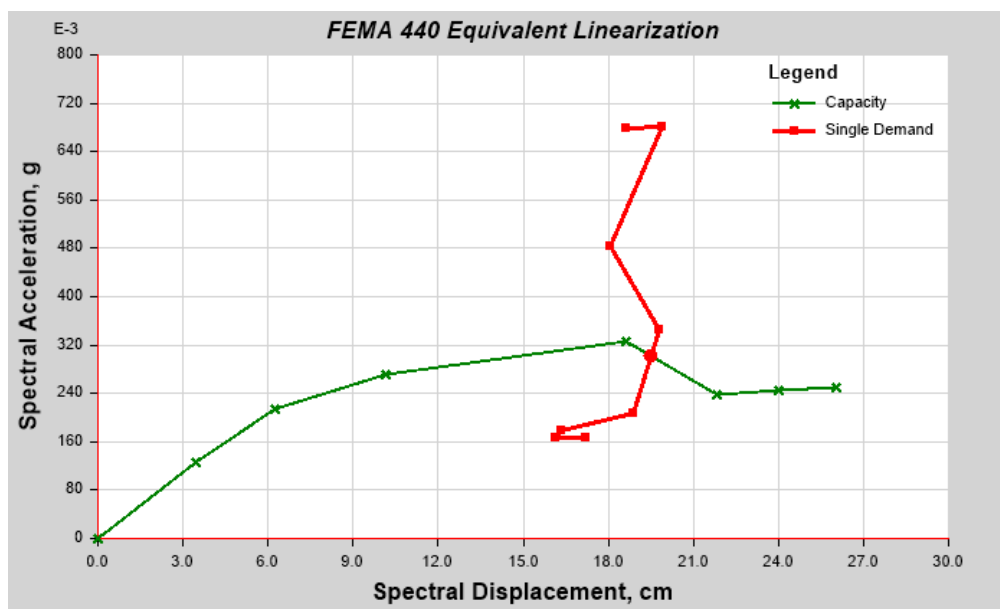
Datos generales

Name	PLF-1C4NS2		
Load Case	PUSHOVER MODO 1	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	Yes	T secant	1.627 sec
Shear	88550.11 kgf	T effective	1.513 sec
Displacement	21.1764 cm	Ductility Ratio	2.838238
Sa	0.302003	Effective Damping	0.1472
Sd	19.5079 cm	Modification Factor	0.918249

Tabla 45: Desempeño por el método del espectro capacidad PLF-1C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
0	0	1.051
3.4711	0.126515	1.051
6.2597	0.213871	1.085
10.1753	0.271702	1.228
18.6475	0.325317	1.519
21.8513	0.238505	1.92
24.011	0.246338	1.981
26.0364	0.251182	2.043

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 45: En el Pórtico **PLF-1C4NS2** el punto de desempeño es de 21.18 cm y la ductilidad del sistema es de 2.84 según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 2 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-2C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

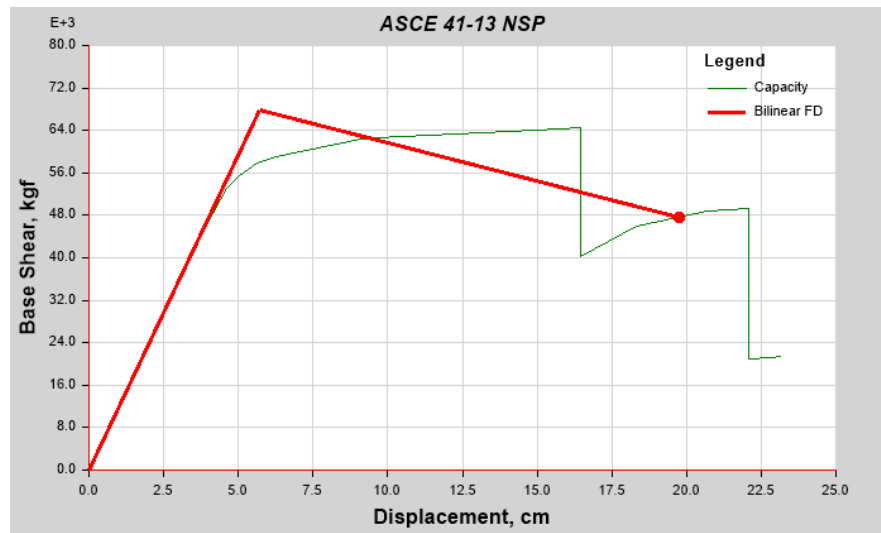
Datos generales

Name	PLF-2C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	19.7461 cm	Shear	47601.12 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.093283	Sa	0.731006 g
C1	1.048033	Alpha	-0.122035
C2	1	uStrength	3.718104
Ti	0.971 sec	Dy	5.7173 cm

Te	0.971 sec	Vy	67947.31 kgf
Ki	11884.45 kgf/cm	Weight	345599.19 kgf
Ke	11884.45 kgf/cm	Cm	1

Tabla 46: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLF-2C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
6.2648	59052.89
9.1131	62284.53
9.5923	62547
14.9256	63992.15
16.4587	64407.36
16.4595	40209.5
18.3349	45838.18
20.6793	48766.96
22.0649	49347.89
22.0657	41594.19
22.0665	20890.24
22.7904	21257.36
23.1524	21321.25
23.1525	21321.33
23.1525	21321.33
23.1539	21323.44

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 46: En el Pórtico **PLF-2C4NS2** el punto de desempeño es de 19.7461 cm, el desplazamiento último es de 19.75 cm y el desplazamiento cedente es de 5.7173 cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 3.45 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

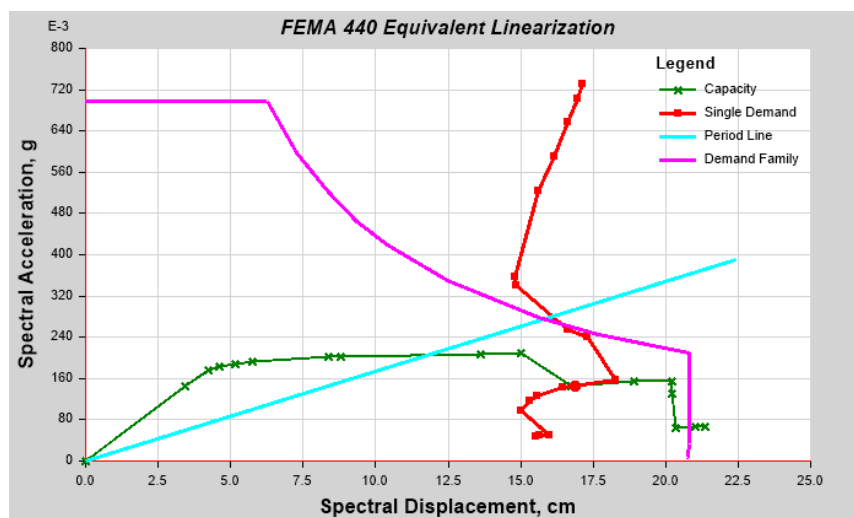
Datos generales

Name	PLV-2C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	Yes	T secant	2.155 sec
Shear	45989.91 kgf	T effective	1.479 sec
Displacement	18.4564 cm	Ductility Ratio	3.083449
Sa	0.146097	Effective Damping	0.1626
Sd	16.8656 cm	Modification Factor	0.64

Tabla 47: Desempeño por el método del espectro capacidad PLF-2C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
8.799	0.202259	1.323
13.6413	0.208252	1.624
15.034	0.209838	1.698
16.7529	0.145656	2.152
18.928	0.154178	2.223
20.2222	0.155472	2.288
20.2386	0.130709	2.497
20.3371	0.065037	3.548
21.023	0.066083	3.579
21.3664	0.066234	3.604
21.3665	0.066234	3.604
21.3665	0.066234	3.604
21.3679	0.066241	3.604

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 47: En el Pórtico **PLF-2C4NS2** el punto de desempeño es de 18.4564 cm y la ductilidad del sistema es de 3.08 según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 3 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-3C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

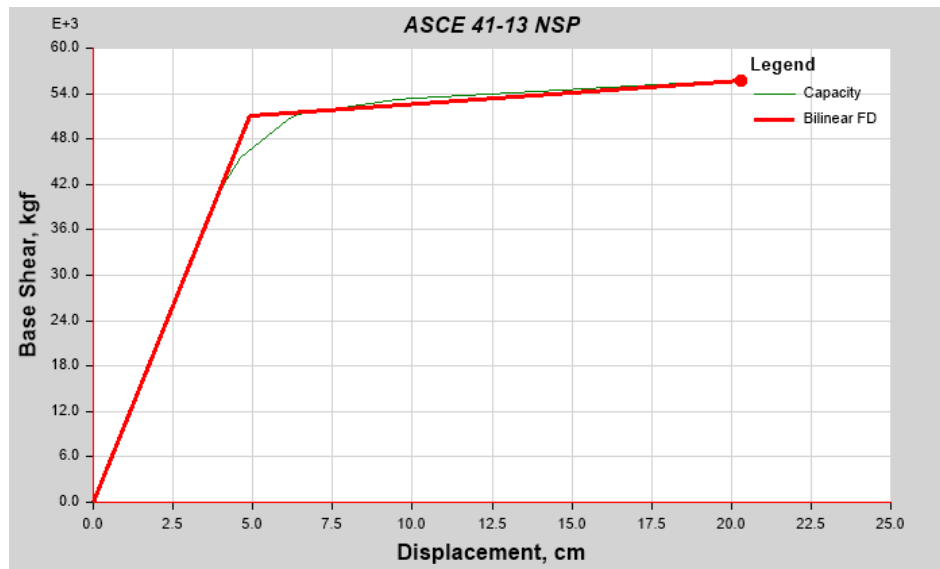
Datos generales

Name	PLF-3C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	20.2872 cm	Shear	55666.15 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.098065	Sa	0.685609 g
C1	1	Alpha	0.02864
C2	1	uStrength	4.602354
Ti	1.038 sec	Dy	4.9098 cm

Te	1.038 sec	Vy	51083.9 kgf
Ki	10404.54 kgf/cm	Weight	342915.82 kgf
Ke	10404.54 kgf/cm	Cm	1

Tabla 48: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLF-3C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
3.9582	41182.94
4.5907	45594.69
6.1015	50607.59
6.4003	51174.55
9.5181	53242.16
10.0768	53468.77
15.4101	54666.05
19.9278	55666.15
17.4072	26173.7

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 48: En el Pórtico **PLF-3C4NS2** el punto de desempeño es de 20.2872 cm, el desplazamiento último es de 20.29 cm y el desplazamiento cedente es de 4.91 cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 4.13 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

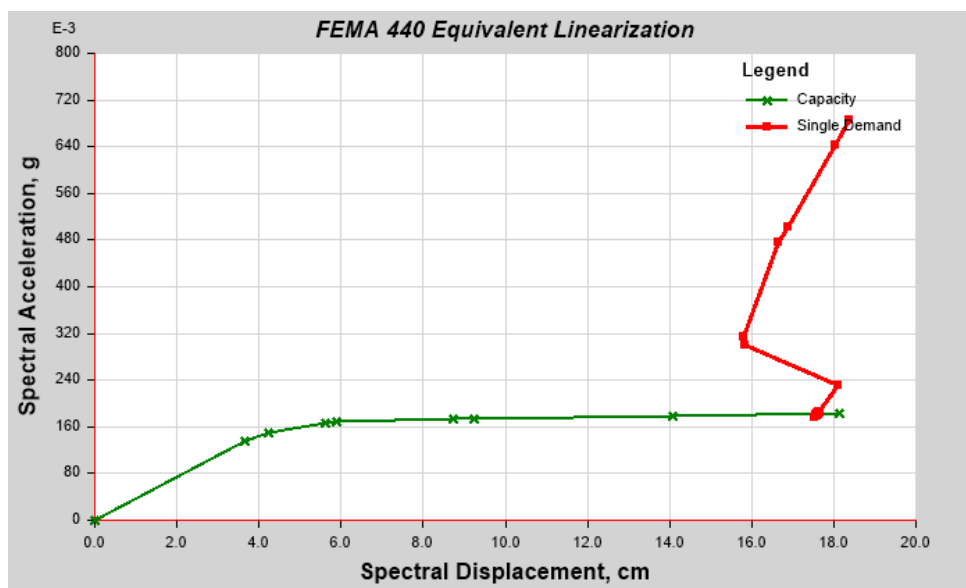
Datos generales

Name	PLF-3C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	Yes	T secant	1.967 sec
Shear	55528.87 kgf	T effective	1.724 sec
Displacement	19.3076 cm	Ductility Ratio	3.934501
Sa	0.182614	Effective Damping	0.1955
Sd	17.59 cm	Modification Factor	0.76927

Tabla 49: Desempeño por el método del espectro capacidad PLF-3C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
0	0	1.038
3.6441	0.136036	1.038
4.227	0.150686	1.063
5.618	0.167093	1.163
5.8919	0.168744	1.186
8.7362	0.173902	1.422
9.2434	0.174644	1.46
14.0645	0.179431	1.776
18.151	0.183121	1.998

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 49: En el Pórtico **PLF-3C4NS2** el punto de desempeño es de 19.3076 cm y la ductilidad del sistema es de 3.93 según el Método Espectro capacidad.

PORTICO DE LONGITUD FIJA DE 4 CRUJÍAS, 4 NIVELES EN SUELO TIPO S2 (PLF-4C4NS2)

Pushover Curve - ASCE 41-13 (Método de los coeficientes)

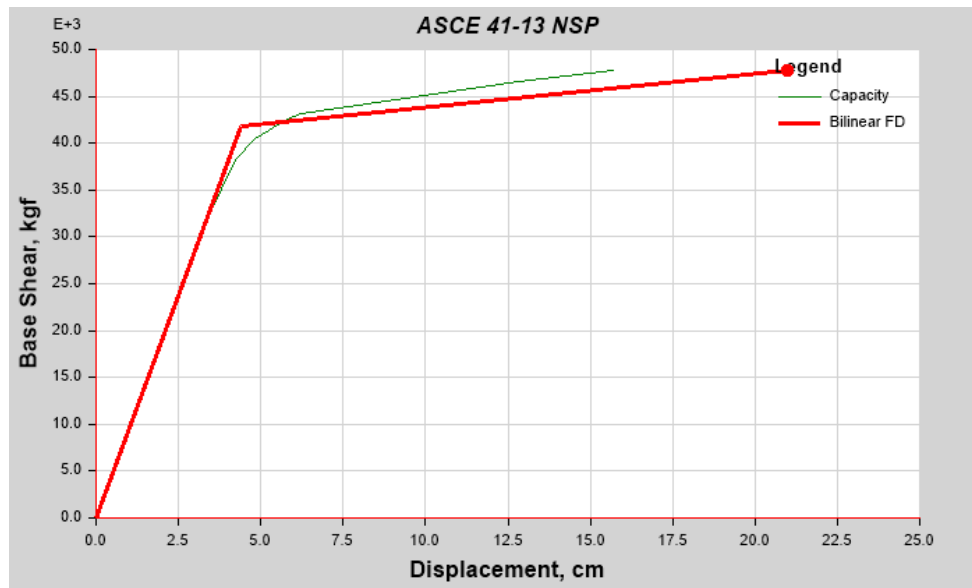
Datos generales

Name	PLF-4C4NS2		
Load Case	PUSHOVER MODO 1	Plot Type	ASCE 41-13 NSP

Demand Spectrum Input Data

Damping Ratio	0.05	Source	Defined Function
Include SSI	No	Function Name	R1
C2 Type	Default Value	Scalefactor	980 cm/sec ²
Cm Type	Default Value	Period Ts	1 sec

Pushover Plot



Target Displacement Results

Displacement	20.9913 cm	Shear	47830.86 kgf
--------------	------------	-------	--------------

Calculated Parameters

C0	1.087751	Sa	0.660421 g
C1	1	Alpha	0.038483
C2	1	uStrength	5.276334

Ti	1.081 sec	Dy	4.4125 cm
Te	1.081 sec	Vy	41788.63 kgf
Ki	9470.57 kgf/cm	Weight	333863.78 kgf
Ke	9470.57 kgf/cm	Cm	1

Tabla 50: Desempeño por el método de los coeficientes del pórtico PLF-4C4NS2

Monitored Displ	Base Force
cm	kgf
0	0
4.2109	38226.12
4.814	40470.13
5.7939	42578.46
6.2056	43082.9
12.8064	46615.27
15.6876	47830.86
15.6876	47830.85

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 50: En el Pórtico **PLF-4C4NS2** el punto de desempeño no cumple pues la estructura falla ante la demanda, el desplazamiento último es de 15.69 cm y el desplazamiento cedente es de 4.41 cm por lo tanto la ductilidad del sistema es de 3.56 según el Método de los coeficientes.

Pushover Curve - FEMA 440 (Método Espectro capacidad)

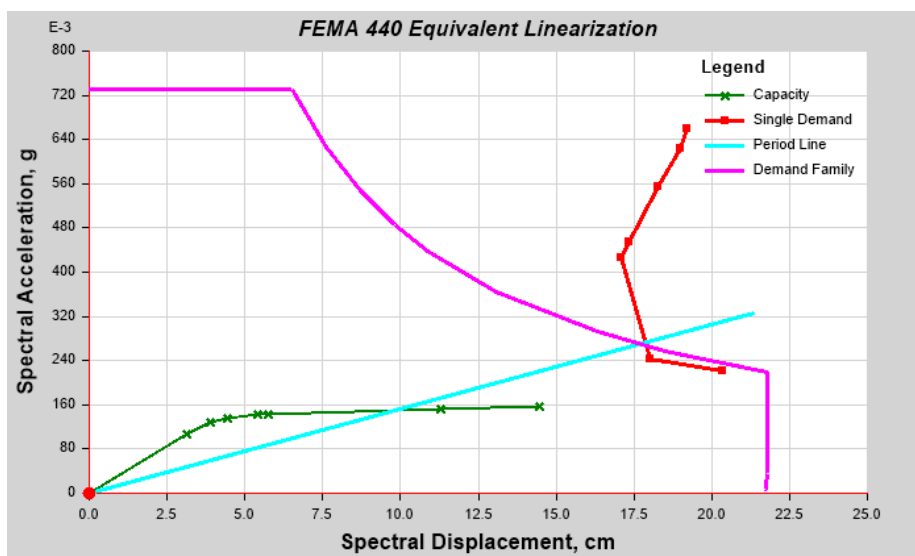
Datos generales

Name	PLF-4C4NS2		
Load Case	PUSHOVER FUERZAS	Plot Type	FEMA 440 EL

Demand Spectrum Input Data

Source	Defined Function	Function Name	R1
		Scalefactor	980 cm/sec ²

Pushover Plot



Performance Point

Point Found	No	T secant	0 sec
Shear	0 kgf	T effective	0 sec
Displacement	0 cm	Ductility Ratio	0
Sa	0	Effective Damping	0
Sd	0 cm	Modification Factor	0

Tabla 51: Desempeño por el método del espectro capacidad PLF-4C4NS2

Sd	Sa	Period
cm	g	sec
0	0	1.083
3.1248	0.107305	1.083
3.8828	0.127832	1.106
4.4552	0.135397	1.151
5.4046	0.142073	1.237
5.7672	0.143325	1.273
11.3093	0.152101	1.73
14.4603	0.156807	1.927

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 51: En el Pórtico **PLF-4C4NS2** el punto de desempeño no cumple pues la estructura falla ante la demanda y no puede determinarse la ductilidad según el Método Espectro capacidad.

RESUMEN DE RESULTADOS

PORTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 4 NIVELES

Tabla 52: Ductilidad y desempeño de los pórticos de longitud variable de 4 niveles (PLV4N)

SISMO DE DISEÑO ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)						
	METODO DE LOS COEFICIENTES ASCE 41-13				ESPECTRO CAPACIDAD FEMA 440	
	PTO DESEMPEÑO (cm)	Δ_{MAX} (cm)	Δ_{CEDEN} (cm)	Ductilidad	DESEMPEÑO (cm)	Ductilidad
PLV-1C4NS2	18.63	18.63	4.93	3.78	18.56	3.78
PLV-2C4NS2	19.75	19.75	5.72	3.45	18.46	3.08
PLV-3C4NS2	No cumple	16.57	5.08	3.26	No cumple	-
PLV-4C4NS2	No cumple	16.08	5.08	3.17	No cumple	-

Fuente: Elaboración propia

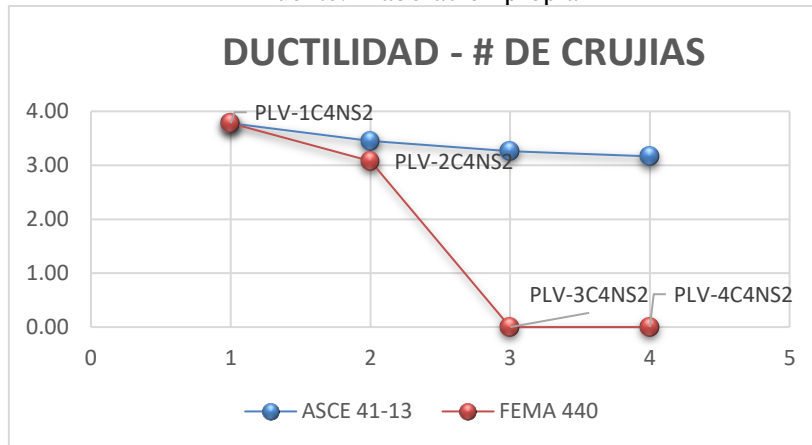


Tabla 53: Ductilidad Global por métodos de los coeficientes y espectro capacidad (PLV4N)

	ASCE 41-13	FEMA 440
PLV-1C4NS2	3.78	3.78
PLV-2C4NS2	3.45	3.08
PLV-3C4NS2	3.26	-
PLV-4C4NS2	3.17	-

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 52 y 53: En el sistema de acoplamiento de vanos de 4 niveles se evidencia que el punto de desempeño de la estructura disminuye cuando se acoplan crujiás, esto quiere decir que la capacidad de la estructura de incursionar de manera segura y estable en el rango inelástico también disminuye aumentando vanos. Eso se evidencia en la

disminución de la ductilidad pues a mayor ductilidad mayor capacidad de disipar energía de manera estable.

PORTICOS DE LONGITUD FIJA DE 4 NIVELES

Tabla 54: Ductilidad y desempeño de los pórticos de longitud Fija de 4 niveles (PLF4N)

SISMO DE DISEÑO ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)						
	METODO DE LOS COEFICIENTES ASCE 41-13				ESPECTRO CAPACIDAD FEMA 440	
	PTO DESEMPEÑO (cm)	Δ_{MAX} (cm)	Δ_{CEDEN} (cm)	Ductilidad	DESEMPEÑO (cm)	Ductilidad
PLF-1C4NS2	21.06	20.23	10.97	1.84	21.18	2.84
PLF-2C4NS2	19.75	19.75	5.72	3.45	18.46	3.08
PLF-3C4NS2	20.29	20.29	4.91	4.13	19.31	3.93
PLF-4C4NS2	No cumple	15.69	4.41	3.56	No cumple	-

Fuente: Elaboración propia

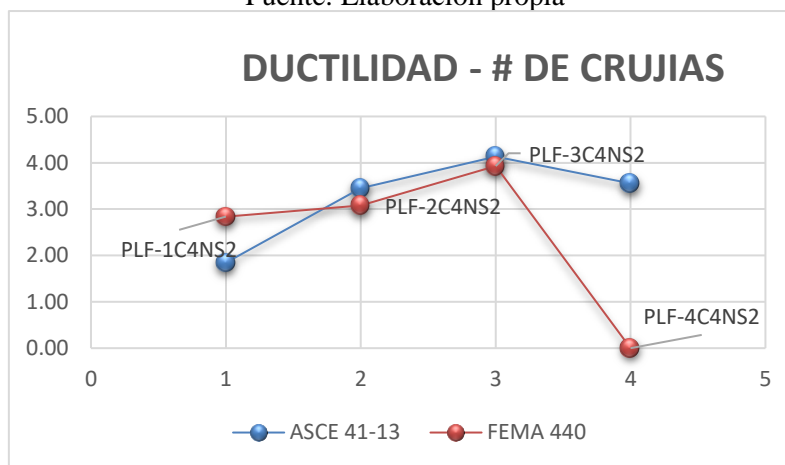


Tabla 55: Ductilidad Global por métodos de los coeficientes y espectro capacidad (PLF4N)

	ASCE 41-13	FEMA 440
PLF-1C4NS2	1.84	2.84
PLF-2C4NS2	3.45	3.08
PLF-3C4NS2	4.13	3.93
PLF-4C4NS2	3.56	-

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 54 y 55: Se observa que la redundancia estructural en los pórticos de longitud fija de 4 niveles mejora su desempeño sísmico, esto quiere decir que la capacidad de la estructura de incursionar de manera segura y estable en el rango inelástico también aumenta

a mayores líneas de defensa. Eso se evidencia en el aumento de la ductilidad pues a mayor ductilidad mayor capacidad de disipar energía de manera estable. Solo hay una caída de la ductilidad en el pórtico de 4 crujiás, que puede mejorar en el diseño.

PORTICOS DE LONGITUD VARIABLE DE 8 NIVELES

Tabla 56: Ductilidad y desempeño de los pórticos de longitud variable de 8 niveles (PLV8N)

	SISMO DE DISEÑO ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)					
	METODO DE LOS COEFICIENTES ASCE 41-13				ESPECTRO CAPACIDAD FEMA 440	
	DESEMPEÑO (cm)	Δ_{MAX} (cm)	Δ_{CEDEN} (cm)	Ductilidad	DESEMPEÑO (cm)	Ductilidad
PLV-1C8NS2	34.01	38.2	21.2	1.80	29.50	1.95
PLV-2C8NS2	33.43	35.12	19.93	1.76	26.41	1.89
PLV-3C8NS2	32.56	36.5	25.3	1.44	24.32	1.75
PLV-4C8NS2	35.86	32.34	23.87	1.35	26.58	1.83

Fuente: Elaboración propia

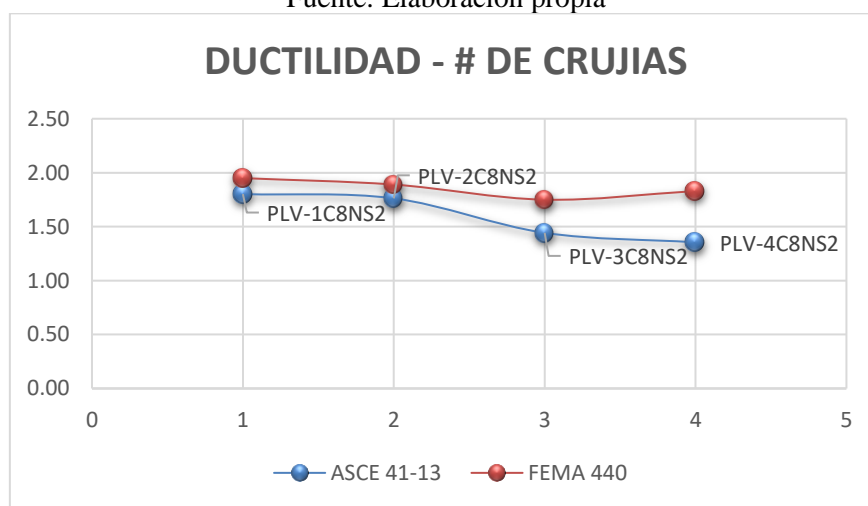


Tabla 57: Ductilidad Global por métodos de los coeficientes y espectro capacidad (PLV8N)

	ASCE 41-13	FEMA 440
PLV-1C8NS2	1.80	1.95
PLV-2C8NS2	1.76	1.89
PLV-3C8NS2	1.44	1.75
PLV-4C8NS2	1.35	1.83

Fuente: Elaboración propia

Interpretación Tabla 56 y 57: En el sistema de acoplamiento de vanos de 8 niveles se evidencia que el punto de desempeño de la estructura disminuye cuando se acoplan crujiás, esto quiere decir que la capacidad de la estructura de incursionar de manera segura y estable en el rango inelástico también disminuye aumentando vanos. Eso se evidencia en la disminución de la ductilidad pues a mayor ductilidad mayor capacidad de disipar energía de manera estable.

PORTICOS DE LONGITUD FIJA DE 8 NIVELES

Tabla 58: Ductilidad y desempeño de los pórticos de longitud Fija de 8 niveles (PLF8N)

SISMO DE DISEÑO ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)						
	METODO DE LOS COEFICIENTES ASCE 41-13				ESPECTRO CAPACIDAD FEMA 440	
	DESEMPEÑO (cm)	Δ_{MAX} (cm)	Δ_{CEDEN} (cm)	Ductilidad	DESEMPEÑO (cm)	Ductilidad
PLF-1C8NS2	36.02	46.45	21.88	2.12	27.58	1.89
PLF-2C8NS2	34.42	43.95	16.88	2.60	24.91	2.73
PLF-3C8NS2	33.71	33.71	12.48	2.70	22.9	2.81
PLF-4C8NS2	32.17	32.04	8.48	3.78	22.93	3.06

Fuente: Elaboración propia

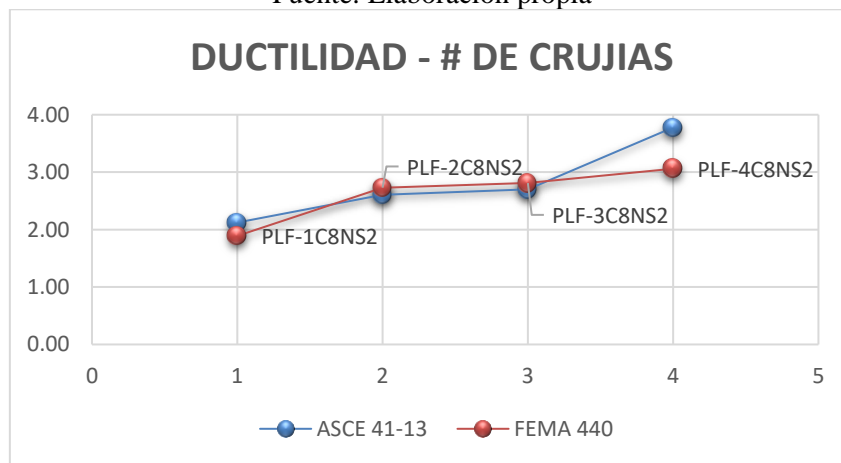


Tabla 59: Ductilidad Global por métodos de los coeficientes y espectro capacidad (PLF8N)

	ASCE 41-13	FEMA 440
PLF-1C8NS2	2.12	1.89
PLF-2C8NS2	2.60	2.73
PLF-3C8NS2	2.70	2.81
PLF-4C8NS2	3.78	3.06

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 58 y 59: Se observa que la redundancia estructural en los pórticos de longitud fija de 8 niveles mejora su desempeño sísmico, esto quiere decir que la capacidad de la estructura de incursionar de manera segura y estable en el rango inelástico también aumenta a mayores líneas de defensa. Eso se evidencia en el aumento de la ductilidad pues a mayor ductilidad mayor capacidad de disipar energía de manera estable. Solo hay una caída de la ductilidad en el pórtico de 4 crujiás, que puede mejorar en el diseño.

3.2.2.4. Índice de Resistencia (rs)

Comprende a la relación de la cortante última y la cortante de cedencia que se han obtenido de los resultados del análisis no lineal “Pushover” con el programa Etabs.

Tabla 60: Índices de Resistencia de los pórticos de longitud Variable de 4 niveles (PLV).

	Índice de resistencia (rs)	Vu (Kgf)	Vy (Kgf)
PLV-1C4NS2	1.083	34124.25	31504.04
PLV-2C4NS2	0.993	47601.12	47947.31
PLV-3C4NS2	1.081	95258.53	88149.98
PLV-4C4NS2	1.087	124988.75	114978.99

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 60: Se observa que el índice de resistencia obtenido es casi constante para los 4 pórticos de longitud Variable de 4 niveles.

Tabla 61: Índices de Resistencia de los pórticos de longitud Fija de 4 niveles (PLF)

	Índice de resistencia (rs)	Vu (Kgf)	Vy (Kgf)
PLF-1C4NS2	0.640	63193.45	98709.99
PLF-2C4NS2	0.701	47601.12	67947.31
PLF-3C4NS2	1.090	55666.15	51083.90
PLF-4C4NS2	1.145	47830.86	41788.63

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 61: Se observa que el índice de resistencia aumenta conforme aumenta la redundancia estructural en los pórticos de longitud Fija de 4 niveles.

Tabla 62: Índices de Resistencia de los pórticos de longitud Variable de 8 niveles (PLV).

	Índice de resistencia (rs)	Vu (Kgf)	Vy (Kgf)
PLV-1C8NS2	1.160	139836.91	120548.10
PLV-2C8NS2	1.113	100328.40	90123.13
PLV-3C8NS2	1.165	129436.82	111143.78
PLV-4C8NS2	1.154	156987.18	135987.43

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 62: Se observa que el índice de resistencia obtenido es casi constante para los 4 pórticos de longitud Variable de 8 niveles.

Tabla 63: Índices de Resistencia de los pórticos de longitud Fija de 8 niveles (PLF)

	Índice de resistencia (rs)	Vu (Kgf)	Vy (Kgf)
PLF-1C8NS2	0.817	81459.17	99762.50
PLF-2C8NS2	0.848	83246.59	98123.13
PLF-3C8NS2	1.128	78083.66	69209.15
PLF-4C8NS2	1.134	78515.07	69264.01

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 63: Se observa que el índice de resistencia aumenta conforme aumenta la redundancia estructural en los pórticos de longitud Fija de 8 niveles.

3.2.2.5. Índice de Variación de redundancia (rv)

Es un valor probabilístico comprendido entre 0 y 1 que está en función al número de rótulas plásticas antes del colapso considerado que se han obtenido de los resultados del análisis no lineal “Pushover” con el programa Etabs.

Tabla 64: Índices de Variación de Redundancia de los pórticos de longitud Variable de 4 niveles (PLV).

	Variación de Redundancia (rv)	n	p
PLV-1C4NS2	0.332	10.00	0.0111
PLV-2C4NS2	0.235	19.00	0.0029
PLV-3C4NS2	0.186	30.00	0.0011
PLV-4C4NS2	0.160	40.00	0.0006

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 64: Se observa que el índice de variación de redundancia disminuye con el aumento de crujiás.

Tabla 65: Índices de Variación de Redundancia de los pórticos de longitud Fija de 4 niveles (PLF).

	Variación de Redundancia (rv)	n	p
PLF-1C4NS2	0.404	7.00	0.0238
PLF-2C4NS2	0.235	19.00	0.0029
PLF-3C4NS2	0.192	28.00	0.0013
PLF-4C4NS2	0.169	36.00	0.0008

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 65: Se observa que el índice de variación de redundancia disminuye con el aumento de la redundancia estructural.

Tabla 66: Índices de Variación de Redundancia de los pórticos de longitud Variable de 8 niveles (PLV)

	Variación de Redundancia (rv)	n	p
PLV-1C8NS2	0.250	17.00	0.0037
PLV-2C8NS2	0.186	30.00	0.0011
PLV-3C8NS2	0.137	54.00	0.0003
PLV-4C8NS2	0.120	71.00	0.0002

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 66: Se observa que el índice de variación de redundancia disminuye con el aumento de crujiás.

Tabla 67: Índices de Variación de Redundancia de los pórticos de longitud Fija de 8 niveles (PLF).

	Variación de Redundancia (rv)	n	p
PLF-1C8NS2	0.258	16.00	0.0042
PLF-2C8NS2	0.171	35.00	0.0008
PLF-3C8NS2	0.140	52.00	0.0004
PLF-4C8NS2	0.126	64.00	0.0002

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 67: Se observa que el índice de variación de redundancia disminuye con el aumento de la redundancia estructural.

3.2.2.6. Factor de redundancia (Rr)

Como Kve varía entre 0.12 y 0.35, se está considerando los 2 valores extremos de Kve con uno de promedio 0.22.

Tabla 68: Factores de Redundancia de los pórticos de longitud Variable de 4 niveles (PLV).

	Factor de redundancia		
	Kve=0.12	Kve=0.22	Kve=0.35
PLV-1C4NS2	1.18	1.29	1.47
PLV-2C4NS2	1.10	1.21	1.40
PLV-3C4NS2	1.20	1.33	1.55
PLV-4C4NS2	1.21	1.34	1.58

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 68: Se observa que el factor de redundancia obtenido es casi constante para los sistemas de acoplamiento en pórticos de longitud variable de 4 niveles.

Tabla 69: Factores de Redundancia de los pórticos de longitud Fija de 4 niveles (PLF).

	Factor de redundancia		
	Kve=0.12	Kve=0.22	Kve=0.35
PLF-1C4NS2	0.69	0.75	0.85
PLF-2C4NS2	0.77	0.85	0.99
PLF-3C4NS2	1.21	1.34	1.56
PLF-4C4NS2	1.27	1.41	1.66

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 69: Se observa que el factor de redundancia crece conforme aumenta la redundancia estructural en los pórticos de longitud Fija de 4 niveles analizados, esto es importante para el diseño sismorresistente, ya que ese factor permite garantizar la ductilidad del sistema, así se puede tener un valor del Coeficiente de reducción sísmica (R) más real, ya que, al multiplicarse por el factor de redundancia, permite reducir o aumentar la fuerza cortante y con ello la optimización de las estructuras más redundantes. Los valores obtenidos difieren del Factor de redundancia según el ATC-19 (1995). Ver tabla 1.

Tabla 70: Factores de Redundancia de los pórticos de longitud Variable de 8 niveles (PLV).

	Factor de redundancia		
	Kve=0.12	Kve=0.22	Kve=0.35
PLV-1C8NS2	1.28	1.41	1.63
PLV-2C8NS2	1.24	1.37	1.60
PLV-3C8NS2	1.30	1.45	1.71
PLV-4C8NS2	1.29	1.44	1.70

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 70: Se observa que el factor de redundancia obtenido es casi constante para los sistemas de acoplamiento en pórticos de longitud variable de 8 niveles.

Tabla 71: Factores de Redundancia de los pórticos de longitud Fija de 8 niveles (PLF).

	Factor de redundancia		
	Kve=0.12	Kve=0.22	Kve=0.35
PLF-1C8NS2	0.90	0.99	1.14
PLF-2C8NS2	0.94	1.05	1.23
PLF-3C8NS2	1.26	1.40	1.65

PLF-4C8NS2	1.27	1.41	1.67
-------------------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 71: Se observa que el factor de redundancia crece conforme aumenta la redundancia estructural en los pórticos de longitud Fija de 8 niveles analizados, esto es importante para el diseño sismorresistente, ya que ese factor permite garantizar la ductilidad del sistema, así se puede tener un valor del Coeficiente de reducción sísmica (R) más real, ya que, al multiplicarse por el factor de redundancia, permite reducir o aumentar la fuerza cortante y con ello la optimización de las estructuras más redundantes. Los valores obtenidos difieren del Factor de redundancia según el ATC-19 (1995). Ver tabla 1.

3.2.3. RESULTADOS COMPARATIVOS

Tabla 72: Relación de peso sísmico, ductilidad y factor de redundancia de los pórticos de longitud Fija de 4 niveles (PLF).

	Peso sísmico (Tn)	%	Ductilidad (prom)	%	Factor Redun. (Kve=0.12)
PLF-1C4NS2	179.50	1.03	2.34	1.00	0.69
PLF-2C4NS2	189.24	1.09	3.27	1.39	0.77
PLF-3C4NS2	181.49	1.04	4.03	1.72	1.21
PLF-4C4NS2	174.03	1.00	3.56	1.52	1.27

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 72: En los pórticos de longitud Fija de 4 niveles se obtienen pesos similares, ello implica que los costos en materiales son proporcionales en los 4 pórticos analizados, sin embargo, la ductilidad aumenta conforme aumenta la redundancia estructural, ello garantiza que el sistema tendrá un mejor desempeño sísmico si se considera la redundancia a un mismo costo de materiales. El factor de Redundancia puede llegar a optimizar el diseño y obtener estructuras dúctiles con menos costos en materiales.

Tabla 73: Relación de peso sísmico, ductilidad y factor de redundancia de los pórticos de longitud Fija de 8 niveles (PLF).

	Peso sísmico (Tn)	%	Ductilidad (prom)	%	Factor Redun. (Kve=0.12)
PLF-1C8NS2	462.57	1.19	2.01	1.00	0.90
PLF-2C8NS2	444.75	1.14	2.67	1.33	0.94
PLF-3C8NS2	405.27	1.04	2.76	1.37	1.26
PLF-4C8NS2	390.03	1.00	3.42	1.70	1.27

Fuente: Elaboración propia

Interpretación tabla 73: En los pórticos de longitud Fija de 8 niveles se obtienen pesos que disminuyen conforme aumenta la redundancia estructural, ello implica que los costos en materiales también disminuyen, así mismo, la ductilidad aumenta conforme aumenta la redundancia estructural, por ello se infiere que el sistema tendrá un mejor desempeño sísmico si se considera la redundancia a un menor costo de materiales. El factor de Redundancia puede llegar a optimizar aún más el diseño y obtener estructuras dúctiles con menos costos en materiales.

3.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS

Se plantea la formulación de una hipótesis alterna (H_1) y una hipótesis nula (H_0) para la validación de la hipótesis en cuanto a los resultados.

3.3.1. Hipótesis General:

Se llevó a cabo la prueba de causa y efecto a través del Chi 2 de Pearson entre Redundancia estructural y diseño sismorresistente

a) Formulación de la hipótesis nula y alterna

Hipótesis Nula (H_0)

$H_0: X \rightarrow Y = 0$: La redundancia estructural no produce efectos significativos al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Hipótesis alterna (H_1)

$H_1: X \rightarrow Y \neq 0$: La redundancia estructural produce efectos significativos al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

b) Nivel de confianza: $Z = 95\% = 1.96$

c) Margen de error: Al 5% (0.05)

d) Regla de decisión

$p \geq \alpha$ = acepta H_0

$p < \alpha$ = rechaza H_0

e) Prueba de hipótesis general

Tabla 74: Resultados SPSS para la Hipótesis general

Pruebas de chi - cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000a	3	,000
Razón de verisimilitud	22,492	3	,000
Asociación lineal por lineal	1,267	1	,260
N° de casos válidos	16		

a. 8 casillas (100%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo es 1.25

Fuente: Elaboración propia

f) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa y efecto de Chi cuadrado, P es menor que α (0.05), donde se evidencia que el nivel de insignificancia es $\text{sig} = 0.00$. por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) que prueba que la redundancia estructural produce efectos significativos al diseño sismorresistente.

Conforme a los resultados obtenidos se puede afirmar que la demanda por capacidad de la estructura mejora cuando hay mayor redundancia estructural, es decir la edificación se comporta sísmicamente mejor en su estado no lineal al poseer mayor redundancia estructural

3.3.2. Hipótesis Específicas:

Hipótesis Específica 1:

g) Formulación de la hipótesis nula y alterna

Hipótesis Nula (H_0)

H_0 : $X \rightarrow Y = 0$: La ductilidad influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Hipótesis alterna (H_1)

H_1 : $X \rightarrow Y \neq 0$: La redundancia estructural produce efectos significativos al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

h) Nivel de confianza: $Z = 95\% = 1.96$

i) Margen de error: Al 5% (0.05)

j) Regla de decisión

$p \geq \alpha$ = acepta H_0

$p < \alpha$ = rechaza H_0

k) Prueba de hipótesis específica 1

Tabla 75: Resultados SPSS para la Hipótesis específica 1

Pruebas de chi - cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000a	3	,0026
Razón de verisimilitud	22,353	3	,0011
Asociación lineal por lineal	1,245	1	,240
N° de casos válidos	16		

a. 8 casillas (100%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo es 1.25

Fuente: Elaboración propia

l) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa y efecto de Chi cuadrado, P es menor que α (0.05), donde se evidencia que el nivel de insignificancia es $\text{sig} = 0.026$. por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) que prueba que la ductilidad influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado

Conforme a los resultados obtenidos se puede afirmar que cuando la ductilidad del sistema es mayor, su demanda por capacidad mejora notoriamente y esta afecta directamente al diseño sismorresistente.

Hipótesis Específica 2:

m) Formulación de la hipótesis nula y alterna

Hipótesis Nula (H_0)

H_0 : $X \rightarrow Y = 0$: El factor de Redundancia no favorece al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Hipótesis alterna (H_1)

H1: $X \rightarrow Y \neq 0$: El factor de Redundancia favorece significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Nivel de confianza: $Z = 95\% = 1.96$

n) Margen de error: Al 5% (0.05)

o) Regla de decisión

$p \geq \alpha$ = acepta H_0

$p < \alpha$ = rechaza H_0

p) Prueba de hipótesis específica 2

Tabla 76: Resultados SPSS para la Hipótesis específica 2

Pruebas de chi - cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000a	3	,0032
Razón de verisimilitud	19.456	3	,0019
Asociación lineal por lineal	1,265	1	,250
N° de casos válidos	16		

a. 8 casillas (100%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo es 1.25

Fuente: Elaboración propia

q) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa y efecto de Chi cuadrado, P es menor que α (0.05), donde se evidencia que el nivel de insignificancia es $\text{sig} = 0.026$. por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) que prueba que el factor de Redundancia favorece significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Conforme a los resultados obtenidos se puede afirmar que el factor de redundancia favorece al diseño al poder disminuir la fuerza cortante ya que se garantiza que la estructura posee una mejor ductilidad y por ende tiene una mejor respuesta sísmica ante un sismo de diseño.

Hipótesis Específica 3:

r) Formulación de la hipótesis nula y alterna

Hipótesis Nula (H0)

H0: $X \rightarrow Y = 0$: El análisis sísmico estático no lineal "Pushover" no influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado

Hipótesis alterna (H1)

H1: $X \rightarrow Y \neq 0$: El análisis sísmico estático no lineal "Pushover" influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado

Nivel de confianza: $Z = 95\% = 1.96$

s) Margen de error: Al 5% (0.05)

t) Regla de decisión

$p \geq \alpha$ = acepta H0

$p < \alpha$ = rechaza H0

u) Prueba de hipótesis específica 2

Tabla 77: Resultados SPSS para la Hipótesis específica 3

Pruebas de chi - cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000a	3	,0022
Razón de verisimilitud	19.356	3	,0018
Asociación lineal por lineal	1,235	1	,240
N° de casos válidos	16		

a. 8 casillas (100%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo es 1.25

Fuente: Elaboración propia

v) Decisión estadística

Según el resultado del coeficiente de causa y efecto de Chi cuadrado, P es menor que α (0.05), donde se evidencia que el nivel de insignificancia es $\text{sig} = 0.022$. por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) que prueba que el factor de

Redundancia favorece significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado.

Conforme a los resultados obtenidos se puede afirmar que el factor de redundancia favorece al diseño al poder disminuir la fuerza cortante ya que se garantiza que la estructura posee una mejor ductilidad y por ende tiene una mejor respuesta sísmica ante un sismo de diseño.

4. DISCUSIÓN

- ✓ Con respecto a la investigación: “Impacto de la redundancia estructural en el comportamiento sísmico de marcos dúctiles de concreto reforzado” Tena, A. y Cortés, J. (2014) llegaron a la conclusión que si se aumenta el número de crujías en las estructuras de baja altura es menos significativo el efecto de la redundancia estructural, en comparación con edificios de mayor la altura.

Los resultados en la presente investigación son los esperados con respecto al antecedente mencionado, donde los modelos de 8 niveles presentan mejor desempeño sísmico con respecto a los modelos de 4 niveles, cuando se aumenta el número de vanos. Por tanto, el efecto que produce el aumentar la redundancia estructural toma mayor relevancia en el diseño sismorresistente cuando se tiene mayor altura.

- ✓ Con respecto a la investigación: “Disposiciones sísmicas de diseño y análisis en base a desempeño aplicables a edificaciones de concreto armado” Asmat, C. (2016) concluye que el cálculo de ductilidad de curvatura de las diferentes secciones que tienen gran importancia sísmica debería ser analizado en el diseño, para que no sean demasiado esforzados por la carga lateral.

Los resultados en la presente investigación han sido trabajados con la misma metodología del análisis no lineal estático (Pushover) donde la ductilidad ha tenido gran influencia en el desempeño sísmico. Obteniéndose información importante, similares al antecedente, en cuanto al análisis de ductilidades de las secciones más representativas, para tener una idea global de la ductilidad del sistema. Por tanto, la influencia de la ductilidad es determinante en el diseño sísmico para ambas investigaciones.

- ✓ Con respecto a la investigación: “Evaluación del Factor de Redundancia RR y del Factor de reducción de las fuerzas sísmicas” Bernal, H. (2008) concluye que el factor de redundancia presenta una relación directa con la formación de rótulas plásticas en la estructura de tal manera que al generarse una mayor cantidad de rótulas plásticas antes del colapso de la misma se tendrá una mayor redundancia.

Los resultados en la presente investigación son los esperados con respecto al antecedente mencionado, pues se ha comprobado que las estructuras que generan mayores rotulas plásticas presentan mejor comportamiento sísmico.

También se ha comprobado que el factor de redundancia crece conforme aumenta la redundancia estructural, siendo importante para el diseño sismorresistente, ya que ese factor permite garantizar la ductilidad del sistema, así se puede tener un valor del Coeficiente de reducción sísmica (R) más real, ya que, al multiplicarse por el factor de redundancia, permite reducir o aumentar la fuerza cortante de diseño.

5. CONCLUSIONES

En la presente investigación se hizo un estudio del efecto que produce el aumentar la redundancia estructural en pórticos de concreto armado en varios niveles, usando análisis no lineal “Pushover”. Los pórticos antes del análisis no lineal han con los requerimientos mínimos del análisis sísmico dinámico de la norma E030, como es el caso de las derivas de piso, por lo cual no deberán ser mayores a 0.007. Luego de ello los diseños del acero de refuerzo fueron realizados y analizados con las recomendaciones de la norma peruana de concreto armado E060. En base a estas solicitudes y con los resultados de esta investigación se concluye:

- ✓ Los resultados obtenidos en las tablas 54, 55, 58 y 59 muestran el efecto de aumentar el número de crujías, se observa además que cobra mayor relevancia en los modelos donde la altura aumenta, ya que en edificaciones de menor altura las cargas gravitacionales generalmente condicionan el diseño y las cargas laterales por sismo aumentan a medida que las edificaciones tiene más niveles. Este efecto positivo en el aumento de crujías garantiza que la estructura tenga la capacidad de incursionar de manera segura y estable en el rango inelástico concluyendo que se ha logrado determinar que el efecto de aumentar la redundancia estructural mejora positivamente el diseño sismorresistente.
- ✓ Los resultados obtenidos en las tablas 36 al 51, muestran que cuanto mayor sea la curva de capacidad, mayor será la ductilidad, y así la capacidad de disipar energía será de manera estable. La ductilidad obtenida por el método de los coeficientes (ASCE 41-13) y el método de espectro capacidad (FEMA 440), tal como se muestra en las tablas 54, 55, 58 y 59, presenta cierta uniformidad en los resultados, por lo cual inferimos que se hizo un correcto análisis no lineal. Así mismo, La ductilidad en vigas como en columnas constituye un factor de análisis importante para determinar la ductilidad del sistema tal como se muestra en las Tablas 12 al 37 y Figuras 46 al 61. Se concluye finalmente que se ha determinado que la ductilidad, influye positivamente el diseño sismorresistente.
- ✓ Los resultados obtenidos en las tablas 68 y 71, muestran que los pórticos más redundantes tienen valores superiores a 1, y los menos redundantes menores a 1, así se puede tener un valor del Coeficiente de reducción sísmica (R) más real, ya que, al multiplicarse por el

factor de redundancia, permite reducir o aumentar la fuerza cortante y con ello la optimización de las estructuras más redundantes. Tal como se observa en las tablas 72 y 73, el factor de Redundancia puede llegar a optimizar aún más el diseño y obtener estructuras dúctiles con menos costos en materiales. Por lo tanto, se concluye que el factor de redundancia es importante y debe ser considerado en el diseño sismorresistente ya que ese factor permite garantizar la ductilidad del sistema.

- ✓ Los resultados obtenidos en las tablas 36 al 51, muestran que mientras más alejado se encuentre el espectro de capacidad del espectro de demanda mayor será el daño que se espera. También se observa que los resultados entre el método de los coeficientes y el de espectro por capacidad son similares garantizando que se ha hecho un correcto análisis, se concluye finalmente que el análisis sísmico estático no lineal "Pushover" es importante para el diseño sismorresistente ya que permite encontrar el punto de desempeño de la estructura ante un evento sísmico.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda considerar la redundancia estructural en el diseño sismorresistente pues con el aumento de crujiás mejora el comportamiento global de la estructura garantizando una mejor ductilidad en su rango inelástico.
- ✓ Se recomienda verificar la ductilidad de los elementos estructurales en el diseño sismorresistente ya que ello permite tener un aproximado de la ductilidad del sistema sin la necesidad de realizar un análisis estático no lineal.
- ✓ Se recomienda aplicar el análisis no lineal “pushover” para estructuras con un grado de importancia mayor y así garantizar el buen desempeño de nuestro diseño.
- ✓ El sistema de pórticos planteado puede ser usado en edificios multifamiliares, ya que al haber distribuciones pequeñas las columnas pueden ser colocadas tomando los criterios de la redundancia estructural. Así podemos obtener estructuras menos costosas comparado con las que usan placas de concreto armado para cumplir con la normativa en cuanto a las derivas.
- ✓ Se recomienda para futuras investigaciones que el estudio del factor de redundancia obtenido en la presente investigación sea corroborado con el análisis de edificios irregulares tanto en planta como elevación. Y así obtener los siguiente:
 - Una validación más clara del factor de redundancia, para ser planteada como una modificación de la norma E030 de diseño sismorresistente, agregando un factor de redundancia que multiplique al factor de modificación sísmica (R)
Dicha investigación puede llamarse tentativamente “Modificación de la norma E030 para la inclusión de un factor por redundancia estructural”
- ✓ Se recomienda para futuras investigaciones que el estudio de la redundancia estructural solo sea analizado para pórticos de longitud fija con variación de crujiás en niveles mayores a los 12 pisos para poder corroborar sus efectos y así obtener lo siguiente:

- Que la redundancia estructural varia positiva o negativamente en cuanto aumenta los niveles de los pisos.

Dicha investigación puede llamarse tentativamente “Impacto de la redundancia estructural en edificaciones de gran altura”

7. REFERENCIAS

ANDRADE Insúa, Luis Eduardo. Control de la deriva en las normas de diseño sismorresistente. 2014. Tesis de Pregrado.

ASCE 41-13. "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings". 2013.

ASCE 7-10, Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE Standard ASCE/SEI 7-10, American Society of Civil Engineers, 2010, ISBN 0-7844-0809-2.

ASMAT, Christian Alberto. Disposiciones sísmicas de diseño y análisis en base a desempeño aplicables a edificaciones de concreto armado. 2016.

ATC (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Technical report, ATC-40. Applied Technology Council. Redwood City, California.

BERNAL, César Augusto. Metodología de la Investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3a Edición, Pearson educación, Colombia, 2010. 322 pp. ISBN: 978-958-699-128-5.

BERNAL, Héctor Oswaldo. Evaluación del factor de redundancia RR y del factor de reducción de las fuerzas sísmicas. 2008. Tesis de Licenciatura. SANGOLQUÍ/ESPE/2008.

BERTERO, R. y V. BERTERO (1999), "Redundancy in earthquake resistant design", ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 125, No. 1, p. 81 -88.

CARBAJAL Llanos, Yvana (2007). ¿Cómo elaborar una investigación desde el enfoque cuantitativo? Manuscrito. Lima USMP.

CARRILLO, Johan Andrés y FULA, Juan. Demostración y modelado del impacto ocasionado por el factor de redundancia estructural en momentos donde se ocasionen sismos. 2017.

DÍAZ, Leonardo Amadeo y SANTOS, Dennis Jesús. Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cuatro pisos diseñado con el Reglamento Nacional de Edificaciones y aceptando una deriva máxima de 1%. 2013. Tesis de Pregrado.

FEMA P-749, Earthquake-Resistant Design Concepts, National Institute of Building Sciences Building Seismic Safety Council, Washington, DC., 2010, p. 1-111

FEMA, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Reports No. FEMA 367 (Provisions) and 368 (Commentary), Washington, DC., 2000.

FEMA-350. Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings, Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C., 2000.

FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, by American Society of Civil Engineers, Washington, D.C., 2000.

FEMA 440 Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2005

GÓMEZ, José. Presentación de un nuevo modelo matemático para cálculo de la respuesta modal total de estructuras de edificios. En XIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. 2002.

HERNÁNDEZ, Eliud. “Estado del arte en el diseño sismorresistente de edificaciones de concreto armado”. 1er. Simposio virtual internacional estructuras sismorresistentes de edificios y puentes. Zigurat. Barcelona, 2016, pp. 63.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Pilar. Metodología de la investigación. 6a Edición, Mc Graw Hill, México, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

HUAPAYA, Raúl Ernesto. Evaluación de los indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal. 2018. Tesis de Pregrado

HUSAIN, Mohamed and TSOPELAS, Panos. Measures of structural redundancy in reinforced concrete buildings. I: Redundancy indices. Journal of Structural Engineering, 2004, vol. 130, p. 1651-1658.

MANOLA, S. and KOUMOUSIS, K. The role of redundancy and overstrength in earthquake resisting design. En 9th international congress on mechanics, Limassol Google Scholar. 2010.

MOC-2008, Manual de Diseño de Obras Civiles, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, 2008.

Norma Técnica de Edificación E-0.30, Diseño Sismorresistente, Lima, Perú, 2016, p. 1-32.

Norma Técnica de Edificación E-0.60, Concreto Armado, Lima, Perú, 2009, p. 1-201.

NSR-10. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente en Colombia. TITULO A, Sistemas estructurales. Bogotá D.C.: s.n., 2010, pág. 176.

PADILLA, Gonzalo. Propuesta para considerar la irregularidad estructural en la resistencia lateral de las estructuras en el Perú. 2011. Tesis de Pregrado.

PAREJA, Nelson Roger. Estudio del comportamiento sísmico lineal y no lineal de pórticos metálicos resistentes a momentos. 2012.

SUPO, José. Seminarios de Investigación científica. [en línea]. Sinopsis del libro. 2012 [fecha de consulta: 02 de junio de 2018].

Disponible en: <https://docs.google.com/file/d/0B9caOIJuX3vsS3RPeHhMTkFTZVE/edit>

TENA, Arturo y CORTÉS, José. Impacto de la redundancia estructural en el comportamiento sísmico de marcos dúctiles de concreto reforzado. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 2014, vol. 19, no 1, p. 1-34.

UBC-97, "Uniform Building Code, 1997 edition", International. Conference of Building Officials, Whittier, California, Vol. 2, 1997.

8. ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

LA REDUNDANCIA ESTRUCTURAL EN EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, LIMA 2018

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	REDUNDANCIA ESTRUCTURAL	Ductilidad por Flexión	DISEÑO: Experimental Cuasi- Experimento	
¿Qué efectos produce el aumentar la redundancia estructural al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?	Determinar el efecto que produce el aumentar la redundancia estructural al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	La redundancia estructural produce efectos significativos al diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	Ductilidad		Ductilidad por Flexocompresión		
					Ductilidad del Sistema		
					Indice de Redundancia		
			Factor de Redundancia		Indice de Resistencia		
					Indice de Variación de Redundancia		
					Análisis sísmico estático no lineal "Pushover"	Sismo de diseño	MÉTODO: Científico
			Desempeño por Espectro de capacidad				
			Desempeño por Método de los Coeficientes				
Específicos	Específicos	Específicos	DEPENDIENTE		DISEÑO SISMORRESISTENTE	Análisis sísmico estático lineal	
P1: ¿De qué manera influye la ductilidad en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto, Lima 2018?	O1: Determinar la influencia de la ductilidad en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	H1: La ductilidad influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	Desplazamiento máximo				
			Control de derivas				
P2: ¿De qué manera influye el factor de Redundancia en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?	O2: Determinar la influencia del factor de Redundancia en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	H2: El factor de Redundancia favorece significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	Análisis sísmico dinámico modal espectral	Periodo fundamental de la Estructura		NIVEL: Explicativo (Explica el comportamiento de una variable en función de otra)	
				Desplazamiento máximo			
				Control de derivas			
P3: ¿De qué manera influye el análisis sísmico estático no lineal "Pushover" en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018?	O3: Determinar la influencia del análisis sísmico estático no lineal "Pushover" en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	H3: El análisis sísmico estático no lineal "Pushover" influye significativamente en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018.	Demanda capacidad	Control de rótulas plásticas en Vigas según indices del FEMA365		TIPO: Aplicada- Explicativa- Experimental-Libre	
				Control de rótulas plásticas en Columnas según indices del FEMA365			
				Control de rótulas plásticas en vigas y columnas según indices del ASCE 41-13			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	
TESIS	La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado
VARIABLE	Redundancia estructural
METODOLOGÍA	Procedimiento para el análisis no lineal PUSHOVER
TESISTA	Jaimes Durand, Richard Antonio

1. Datos

- 1.1. Ingreso de la Geometría (Pórticos de distintos niveles y crujeas)
- 1.2. Creación de Casos de carga
- 1.3. Agregar cargas distribuidas en vigas
- 1.4. Aplicar la acción sísmica
- 1.5. Crear las combinaciones de carga para el diseño
- 1.6. Creación de Materiales (concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)
- 1.7. Asignación de las Secciones (Vigas y columnas)

2. Configuración del análisis Estático No lineal

- 2.1. Carga gravitacional (No lineal)
- 2.2. Pushover con patrón de carga por Modo 1 (No lineal)
- 2.3. Pushover con patrón de carga lateral por fuerzas (No lineal)
- 2.4. Configuración de "Other parameters"
- 2.5. Definición de masa
- 2.6. Definición de grados de libertad (Análisis plano)
- 2.7. Definición del caso sísmico espectral con factor de reducción
- 2.8. Definición de análisis modal
- 2.9. Fuerzas de piso conforme al análisis dinámico espectral
- 2.10. Asignación de rótulas plásticas en vigas
- 2.11. Asignación de rótulas plásticas en columnas

3. Resultados del diseño

- 3.1. Aceros requeridos por flexión en vigas (cm^2)
- 3.2. Revisión de columnas a flexo-compresión



Ing. Leoncio A. Figueroa Balvas
CIP N° 41714
INGENIERO CIVIL

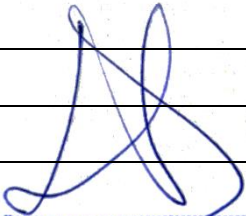
4. Disposición definitiva de aceros de refuerzo en vigas y columna

5. Resultados del Pushover

- 5.1. Rótulas plásticas
- 5.2. Curva de capacidad y ductilidad
- 5.3. Definición de sismos de servicio, diseño y máximo
- 5.4. Punto de desempeño por el método de los coeficientes (FEMA 356)
- 5.5. Punto de desempeño por el método de los coeficientes (FEMA 440)
- 5.6. Punto de desempeño con el espectro de capacidad (ATC-40)
- 5.7. Punto de desempeño con el espectro de capacidad (FEMA 440)

5.8.Verificación del desempeño

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICION

RANGO	MAGNITUD	VALOR	EXPERTO
0.53 o menos	Validez nula		 Ing. Leoncio A. Figueroa Balvas CIP N° 41714 INGENIERO CIVIL
0.54 a 0.59	Validez baja		
0.60 a 0.65	Válida		
0.66 a 0.71	Muy válida		
0.72 a 0.99	Excelente validez		
1.0	Validez perfecta		

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	
TESIS	La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado
VARIABLE	Redundancia estructural
METODOLOGÍA	Procedimiento para el análisis no lineal PUSHOVER
TESISTA	Jaimes Durand, Richard Antonio

1. Datos

- 1.1.Ingreso de la Geometría (Pórticos de distintos niveles y crujeas)
- 1.2.Creación de Casos de carga
- 1.3.Agregar cargas distribuidas en vigas
- 1.4.Aplicar la acción sísmica
- 1.5.Crear las combinaciones de carga para el diseño
- 1.6.Creación de Materiales (concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)
- 1.7.Asignación de las Secciones (Vigas y columnas)

2. Configuración del análisis Estático No lineal

- 2.1.Carga gravitacional (No lineal)
- 2.2.Pushover con patrón de carga por Modo 1 (No lineal)
- 2.3.Pushover con patrón de carga lateral por fuerzas (No lineal)
- 2.4.Configuración de “Other parameters”
- 2.5.Definición de masa
- 2.6.Definición de grados de libertad (Análisis plano)
- 2.7.Definición del caso sísmico espectral con factor de reducción
- 2.8.Definición de análisis modal
- 2.9.Fuerzas de piso conforme al análisis dinámico espectral
- 2.10. Asignación de rótulas plásticas en vigas
- 2.11. Asignación de rótulas plásticas en columnas

3. Resultados del diseño

- 3.1.Aceros requeridos por flexión en vigas (cm^2)
- 3.2.Revisión de columnas a flexo-compresión


 SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN
 INGENIERO CIVIL
 CIP 51630

4. Disposición definitiva de aceros de refuerzo en vigas y columna

5. Resultados del Pushover

- 5.1.Rótulas plásticas
- 5.2.Curva de capacidad y ductilidad
- 5.3.Definición de sismos de servicio, diseño y máximo
- 5.4.Punto de desempeño por el método de los coeficientes (FEMA 356)
- 5.5.Punto de desempeño por el método de los coeficientes (FEMA 440)
- 5.6.Punto de desempeño con el espectro de capacidad (ATC-40)
- 5.7.Punto de desempeño con el espectro de capacidad (FEMA 440)

5.8.Verificación del desempeño

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICION

RANGO	MAGNITUD	VALOR	EXPERTO
0.53 o menos	Validez nula		
0.54 a 0.59	Validez baja		
0.60 a 0.65	Válida		
0.66 a 0.71	Muy válida		
0.72 a 0.99	Excelente validez		
1.0	Validez perfecta		

SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN
INGENIERO CIVIL
CIP 51630

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	
TESIS	La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado
VARIABLE	Redundancia estructural
METODOLOGÍA	Procedimiento para el análisis no lineal PUSHOVER
TESISTA	Jaimes Durand, Richard Antonio

1. Datos

- 1.1.Ingreso de la Geometría (Pórticos de distintos niveles y crujeas)
- 1.2.Creación de Casos de carga
- 1.3.Agregar cargas distribuidas en vigas
- 1.4.Aplicar la acción sísmica
- 1.5.Crear las combinaciones de carga para el diseño
- 1.6.Creación de Materiales (concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$)
- 1.7.Asignación de las Secciones (Vigas y columnas)

2. Configuración del análisis Estático No lineal

- 2.1.Carga gravitacional (No lineal)
- 2.2.Pushover con patrón de carga por Modo 1 (No lineal)
- 2.3.Pushover con patrón de carga lateral por fuerzas (No lineal)
- 2.4.Configuración de "Other parameters"
- 2.5.Definición de masa
- 2.6.Definición de grados de libertad (Análisis plano)
- 2.7.Definición del caso sísmico espectral con factor de reducción
- 2.8.Definición de análisis modal
- 2.9.Fuerzas de piso conforme al análisis dinámico espectral
- 2.10. Asignación de rótulas plásticas en vigas
- 2.11. Asignación de rótulas plásticas en columnas

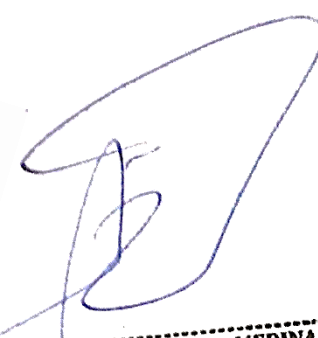
3. Resultados del diseño

- 3.1.Aceros requeridos por flexión en vigas (cm^2)
- 3.2.Revisión de columnas a flexo-compresión

4. Disposición definitiva de aceros de refuerzo en vigas y columna

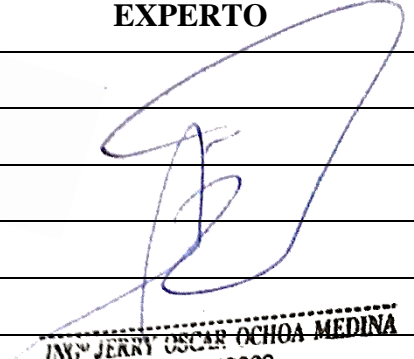
5. Resultados del Pushover

- 5.1.Rótulas plásticas
- 5.2.Curva de capacidad y ductilidad
- 5.3.Definición de sismos de servicio, diseño y máximo
- 5.4.Punto de desempeño por el método de los coeficientes (FEMA 356)
- 5.5.Punto de desempeño por el método de los coeficientes (FEMA 440)
- 5.6.Punto de desempeño con el espectro de capacidad (ATC-40)
- 5.7.Punto de desempeño con el espectro de capacidad (FEMA 440)


ING. JERRY OSCAR OCHOA MEDINA
 CIP 49089
 CONATA 2005 - 191
 REPEV 1588 - 2005

5.8.Verificación del desempeño

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICION

RANGO	MAGNITUD	VALOR	EXPERTO
0.53 o menos	Validez nula		 ING. JERRY OSCAR OCHOA MEDINA CIP 49089 CONATA 2005 - 191 REPEV 1588 - 2005
0.54 a 0.59	Validez baja		
0.60 a 0.65	Válida		
0.66 a 0.71	Muy válida		
0.72 a 0.99	Excelente validez		
1.0	Validez perfecta		

ANEXO 3: Validez de los resultados con programa computacional

INFORMACIÓN CON FINES ACADÉMICOS

Lima, 07 de Diciembre del 2018

PARA: A quien corresponda

ATENCIÓN: Mg. Ing. Raúl Pinto Barrantes (Especialista y Asesor en Software de CSI CARIBE – ETBAS, SAP 2000, SAFE, PERFROM 3D, CSI BRIDGE y CSI COL).

Por medio de la presente, se hace constar que el Tesista: **JAIMES DURAND RICHARD ANTONIO** identificado con DNI: **40863465** con TÍTULO: *La redundancia estructural en el diseño sismorresistente de pórticos de concreto armado, Lima 2018*. Aplicó correctamente el uso del software ETABS 2017 y CYPECAD 2018, verificando los análisis y diseño de acuerdo al RNE (E-020, E-030, E-60) y la norma NORTE AMERICANA (ASCE-07).



RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 51304

Especialista en Estructuras
Celular: 995143312
Correo: raulpinto@cip.org.pe

ANEXO 4: Confiabilidad de los programas computacionales usados

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

Certificate No:
29928-2008-AQ-USA-ANAB

Initial certification date:
26 June 2008

Valid:
04 April 2018 - 04 August 2020

This is to certify that the management system of

CSI-Computers and Structures, Inc.

1646 North California Boulevard, Suite 600, Walnut Creek, CA, 94596, USA

has been found to conform to the Quality Management System standard:
ISO 9001:2015

This certificate is valid for the following scope:

The Development, Support and Licensing of Software Tools for Structural and Earthquake Engineering.

Place and date:
Katy, TX, 04 April 2018



For the issuing office:
DNV GL - Business Assurance
1400 Ravello Drive, Katy, TX, 77449-5164,
USA

John Stefan
Management Representative

Lack of fulfilment of conditions as set out in the Certification Agreement may render this Certificate invalid.
ACCREDITED UNIT: DNV GL Business Assurance USA, Inc., 1400 Ravello Drive, Katy, TX 77449 USA, TEL: 281-396-1000, dnvglcert.com

BUREAU VERITAS
Certification



Certificación Certification

Concedida a / Awarded to

CYPE INGENIEROS SA

AV EUSEBIO SEMPERE, Nº 5
03003 ALICANTE
SPAIN

Bureau Veritas Certification certifica que el Sistema de Gestión ha sido auditado y encontrado conforme con los requisitos de la norma:

Bureau Veritas Certification certifies that the Management System has been audited and found to be in accordance with the requirements of standard:

NORMA / STANDARD

ISO 9001:2015

El Sistema de Gestión se aplica a:

Scope of certification:

COMERCIALIZACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y POST VENTA DE SOFTWARE PARA ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.

MARKETING, DISTRIBUTION AND AFTER-SALES SERVICE OF SOFTWARE FOR ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION.

Número del Certificado
Certificate Number

ES096646-1

Directora de Certificación / Certification Manager

Aprobación original :
Original approval date :

12/08/2012

Certificado en vigor:
Effective date:

12/08/2018

Caducidad del certificado:
Certificate expiration date:

11/08/2021

Este certificado está sujeto a los términos y condiciones generales y particulares de los servicios de certificación
This certificate is valid, subject to the general and specific terms and conditions of certification services

Entidad de Certificación / Certification Body: Bureau Veritas Iberia S.L.
C/ Valporiño Primera 22-24, Edificio Caba, Pol. Ind. La granja, 28106 Alcobendas - Madrid, Spain

ENAC
CERTIFICACIÓN
Nº 04/C-SC004

ANEXO 5: Planos

6.00			6.00			6.00			6.00		
5.97	V3a-30x60	7.96	7.96	V3b-30x60	6.82	6.82	V3c-30x60	7.96	7.96	V3d-30x60	5.88
5.97		5.95	5.95		5.95	5.95		5.95	5.95		5.97
11.88	V2a-30x60	13.24	13.24	V2b-30x60	11.82	11.82	V2c-30x60	13.24	13.24	V2d-30x60	12.39
6.52		6.52	6.52		6.52	6.52		6.52	6.52		6.52
14.18	V1-30x60	14.18	14.18	V1-30x60	14.18	14.18	V1-30x60	14.18	14.18	V1-30x60	14.18
6.52		6.52	6.52		6.52	6.52		6.52	6.52		6.52
14.18	V1-30x60	14.18	14.18	V1-30x60	14.18	14.18	V1-30x60	14.18	14.18	V1-30x60	14.18
6.52		6.52	6.52		6.52	6.52		6.52	6.52		6.52

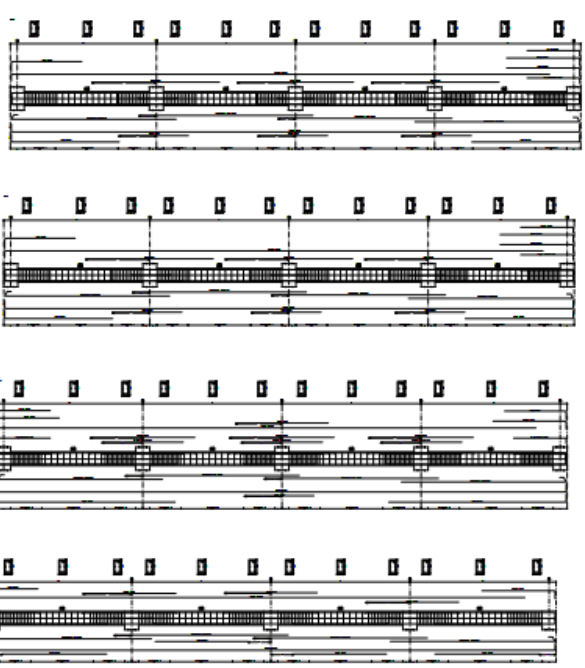
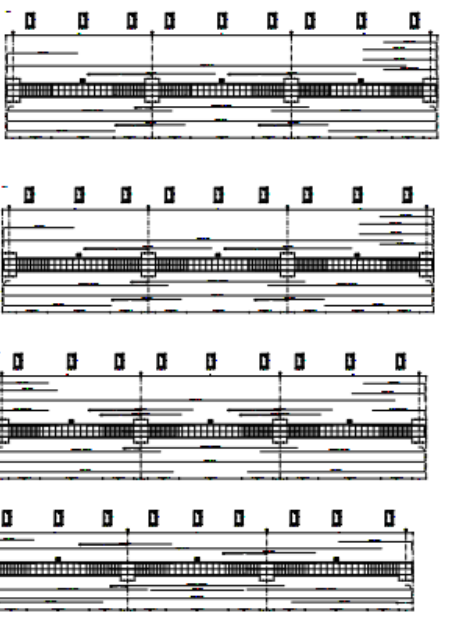
210x210mm

210x210mm

210x210mm

210x210mm

Rev. 01 / 200

[illegible]

6.00		6.00	
5.97	V3a-30x60	7.98	7.99
5.97		3.98	3.98
			V3b-30x60
			5.97
11.99	V2a-30x60	11.99	11.99
8.02		8.02	8.02
			V2b-30x60
			12.98
			8.02
14.18	V1-30x60	14.18	14.18
8.02		8.02	8.02
			V1-30x60
			14.18
			8.02
14.18	V1-30x60	14.18	14.18
8.02		8.02	8.02

Detail A

Detail B

Esc.=1/750

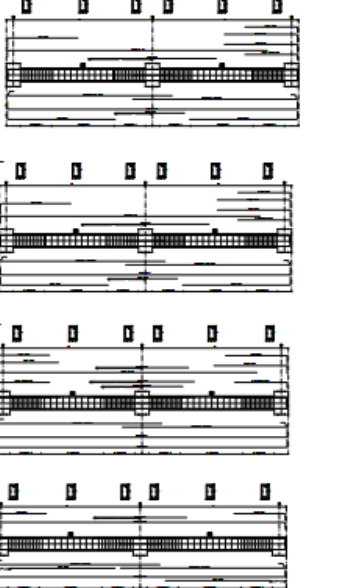
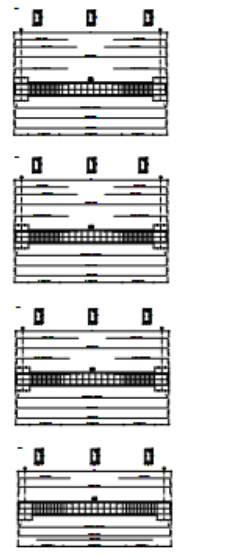
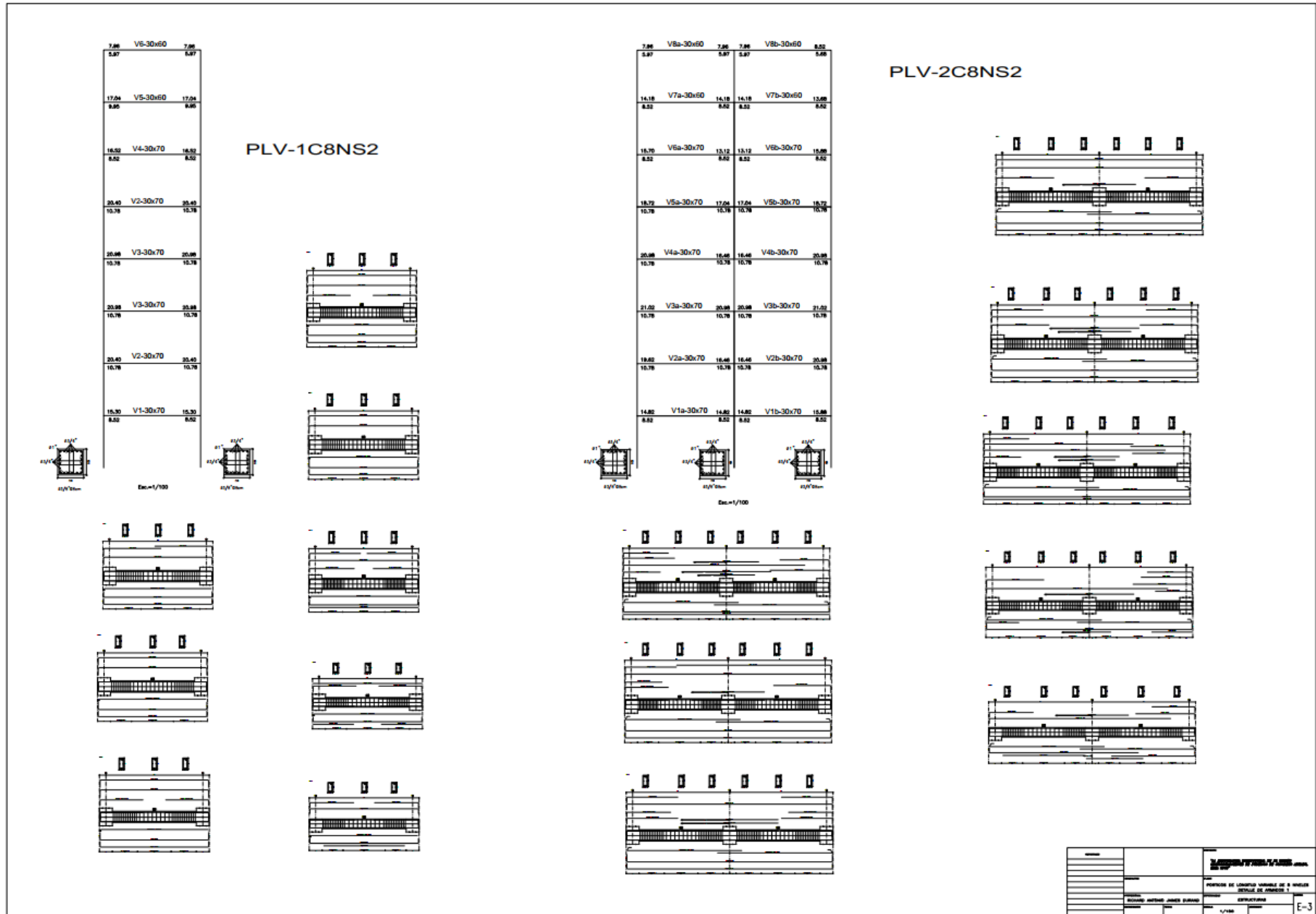
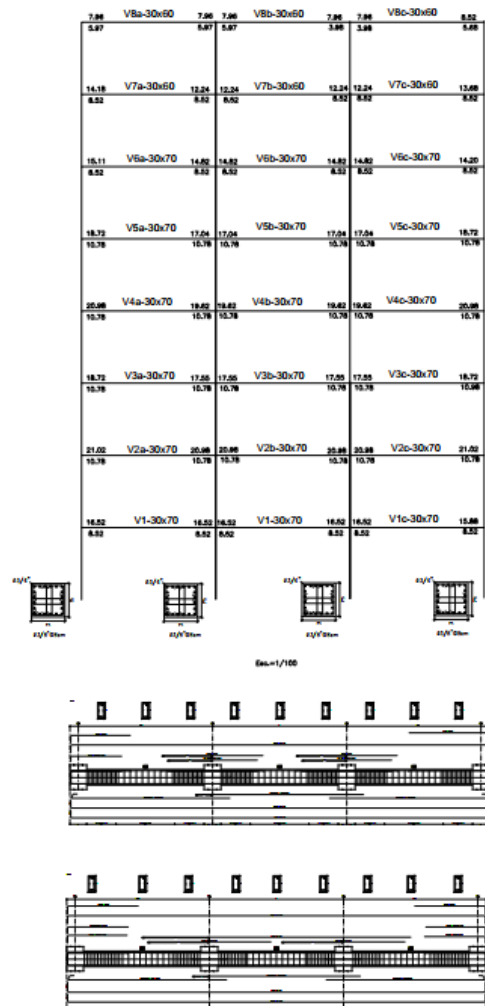


Figure 1 shows the dimensions of the test specimens. The vertical specimens (V1-30x60, V2-30x60, V3-30x60) have a width of 30 mm and a height of 60 mm. The square specimens (V1/V2, V3/V4) have a side length of 30 mm. The dimensions are given in mm.

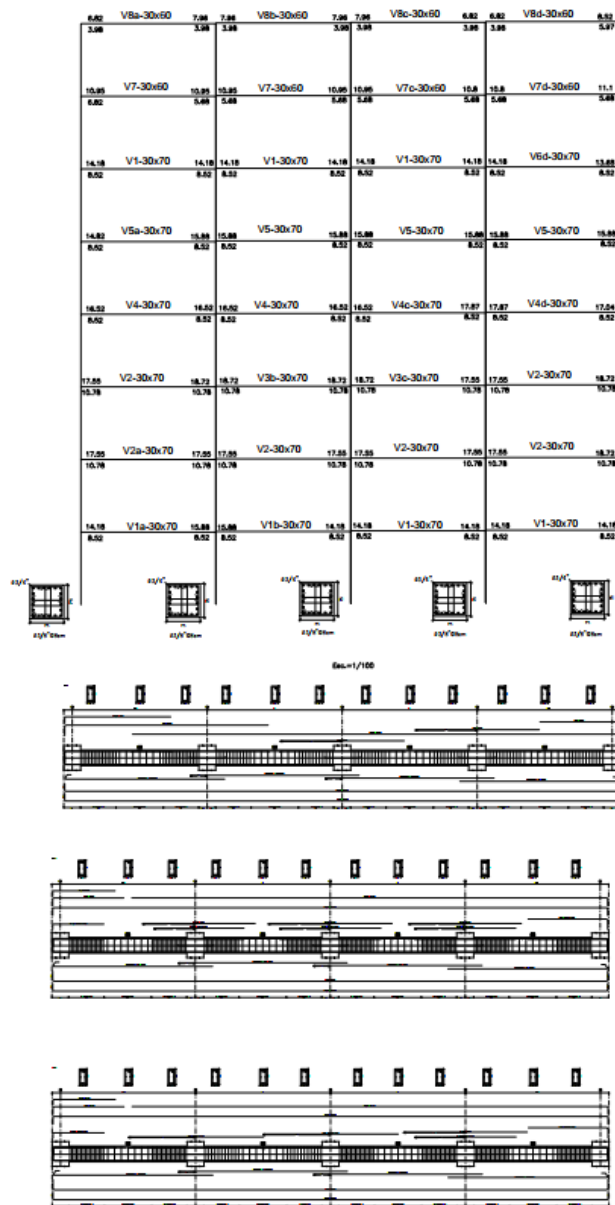
[illegible]



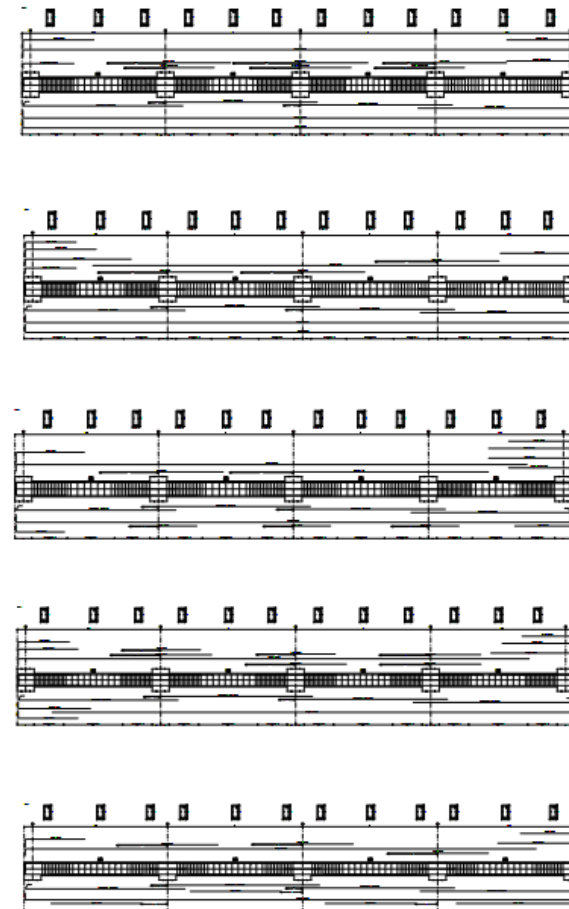
PLV-3C8NS2



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524
--

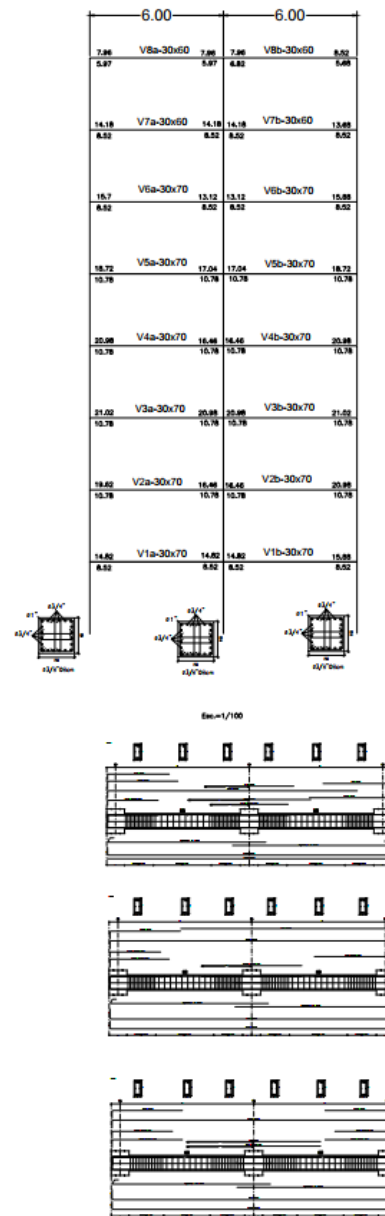
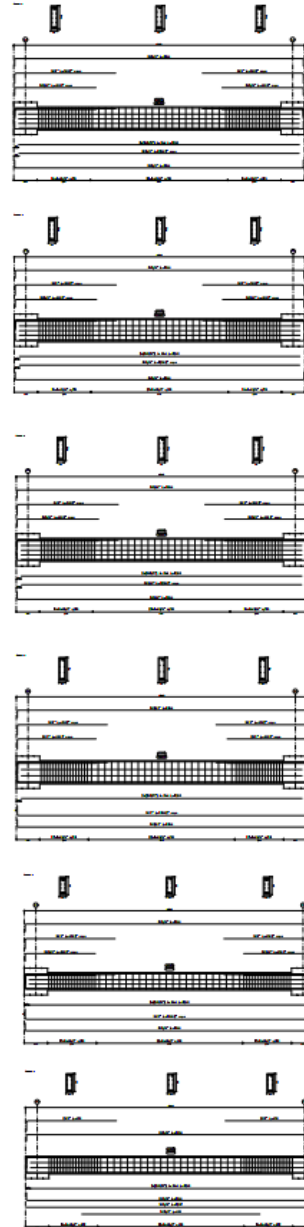
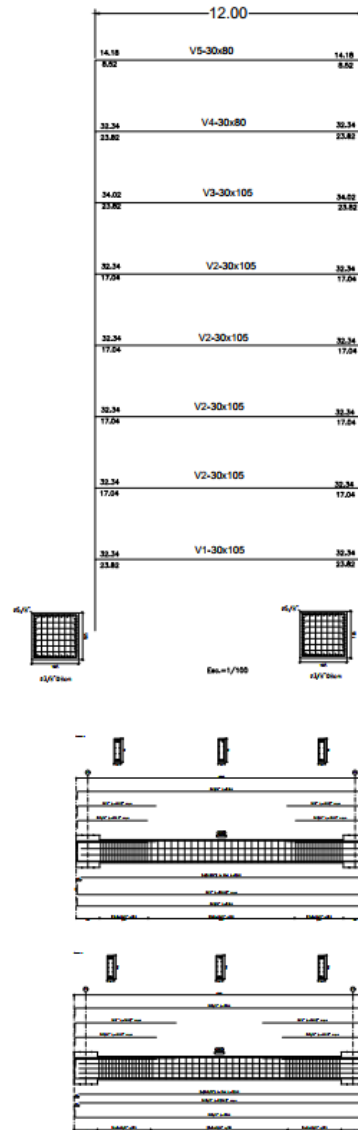


PLV-4C8NS2

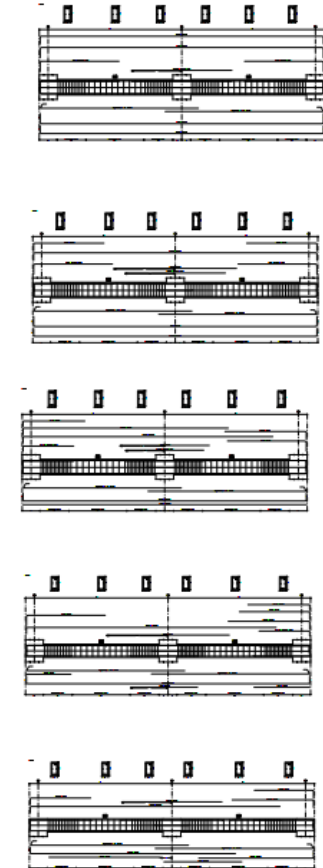


ALUMINUM PORTES DE LONGUEUR VARIABLE DE 6 MÈTRES DÉTAILS DE JAMBES 2		E-5	
NOM ADRESSE TÉLÉPHONE FAX E-MAIL	PROJET CLIENT ARCHITECTE DATE	ÉCHELLE 1/100	AUTRES 1/100

PLF-1C8NS2



PLF-2C8NS2



<p>YAGUETA/AS</p>		<p>PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA DE LOS RIOS 1</p>	
<p>PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA DE LOS RIOS 1</p>		<p>ESTRUCTURA</p>	
<p>PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA DE LOS RIOS 1</p>		<p>1/100</p>	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JAIMES DURAND, RICHARD ANTONIO

INFORME TITULADO:

*LA REDUNDANCIA ESTRUCTURAL EN EL DISEÑO SISMO RESISTENTE
DE PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, LIMA 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

NOTA O MENCIÓN :

*06/12/2018
15 (Quince)*


Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil



Yo, OMAR TELLO MALPARTIDA

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte, revisor(a) de la tesis titulada:

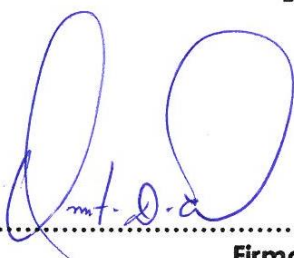
" La Redundancia estructural en el diseño
sismorresistente de porticos de concreto
armado , Lima 2018 "

del (de la) estudiante Richard Antonio Jaimes Durand

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Lima, 12 de Diciembre
2018



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

OMAR TELLO MALPARTIDA

DNI: 08644876

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Richard Antonio Jaimes Durand, identificado
con DNI N° 40863465,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César
Vallejo, autorizo (☒), No autorizo (☐) la divulgación y comunicación pública
de mi trabajo de investigación titulado:

" La Redundancia estructural en el diseño sísmo -
resistente de pórticos de concreto armado,
Lima 2018

.....";

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>),
según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de
Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



HRMA
DNI: 40863465

FECHA: 12 de Diciembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

